

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Januar 2003 (16.01.2003)

PCT

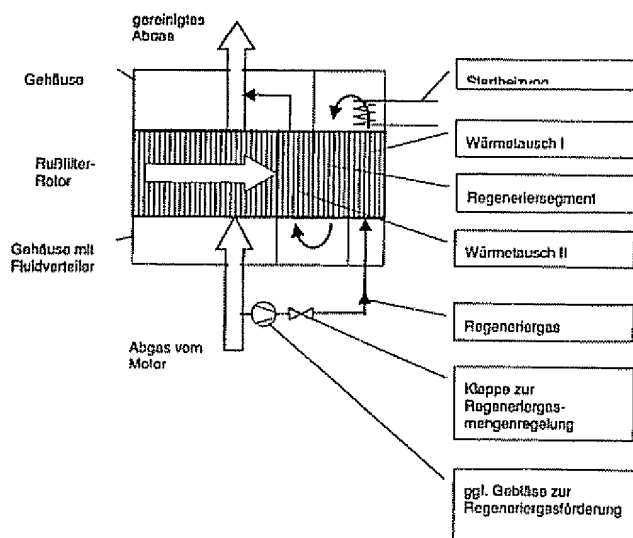
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/004134 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B01D 53/02** (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LI, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/07170
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Juni 2002 (28.06.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 30 872 8 30. Juni 2001 (30.06.2001) DE
- (71) Anmelder und  
(72) Erfinder: **GAISER, Gerd** [DE/DE]; Langer Äcker 4,  
72768 Reutlingen (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PURIFYING EXHAUST GASES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REINIGUNG VON ABGASEN



Dieselmotoren-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Abgas (Teilstrom). Anordnung mit zwei Wärmetauschsegmenten

(57) Abstract: The invention relates to a method for purifying exhaust gases containing particulate impurities or nitrogen oxides. The exhaust gases are purified by a filtering matrix which is simultaneously regenerated. The filtering matrix is regenerated by a gas flow or air flow which is weak in relation to the exhaust gas flow. Preferably, the regeneration gas is preheated. The different functional regions are successively crossed. The inventive method can, for example, be carried out with rotating elements. The different functional areas are thus successively crossed by means of rotation.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/004134 A2

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Reinigung von Abgasen, welche partikelförmige Verunreinigungen oder Stickoxide enthalten. Dabei werden Erfolgt die Reinigung der Abgase durch eine filternde Matrix gleichzeitig zur Regenerierung der filternden Matrix. Die Regenerierung der filternden Matrix erfolgt durch einen im Verhältnis zum Abgasstrom kleinen Gas- oder Luftstrom. Vorteilhaft wird das Regeneriergas vorgewärmt. Die unterschiedlichen Funktionsbereiche werden dabei nacheinander durchlaufen. Die apparatemässige Realisierung kann beispielsweise durch rotierende Elemente erfolgen. Dabei werden die unterschiedlichen Funktionsbereiche durch Rotation nacheinander durchlaufen

## Verfahren zur Reinigung von Abgasen

### Beschreibung

#### Stand der Technik:

Entfernung von Rußpartikeln aus dem Abgas:

Die Reinigung des Abgasstromes von Dieselabgasen stellt im Hinblick auf die zunehmende Verschärfung der Grenzwerte ein aktuelles Problem dar. Neben der Entfernung von Stickoxiden sowie kleineren Mengen von CO und Kohlenwasserstoffen kommt dabei vor allem der Entfernung der Rußpartikel große Bedeutung zu.

Abgas von Dieselmotoren ist gekennzeichnet durch einen großen Abgasstrom (bezogen auf die Leistung) und eine niedrige Abgastemperatur. Der große Abgasstrom (bezogen auf die Leistung) resultiert aus dem großen Hubraum von Dieselmotoren (bezogen auf die Leistung) in Verbindung mit einer sehr hohen Verdichtung und einem hohen Luftüberschuß bei der Verbrennung.

Ein Lkw-Motor der Mittelklasse mit 6,8 l Hubraum und einer Leistung von 280 PS führt zu einem Abgasstrom von ca. 1000 Nm<sup>3</sup>/h. Selbst ein Mittelklasse Pkw mit einer Leistung um 100 PS führt bei Volllast zu einem Abgasstrom von über 300 Nm<sup>3</sup>/h.

In der Folge liegen in der Abgasanlage sehr große Strömungsgeschwindigkeiten vor. Bereits bei Pkw-Ottomotoren werden im Vollastbereich im Katalysatormonolith Geschwindigkeiten bis zu 40 m/sek erreicht. Für Dieselmotoren liegen diese Werte in der gleichen Größenordnung. In Anbetracht der hohen Geschwindigkeiten muß die Abgasanlage für einen möglichst geringen Druckverlust ausgelegt werden.

Für die Entfernung der Rußpartikel sind unterschiedliche Konzepte bekannt geworden, von denen sich jedoch bislang noch keines großtechnisch durchgesetzt hat. Häufig eingesetzt werden Rußfilter, überwiegend in Form von parallelen quadratischen Kanälen bei denen das Abgas durch die poröse Keramikwand strömt so daß sich die Partikel auf der Wand ablagern. In gewissen Intervallen müssen diese Rußfilter regeneriert werden. Dabei wird der Rußfilter auf hohe Temperatur erhitzt, so daß die abgelagerten Rußpartikel verbrennen und somit der Rußfilter für einen erneuten Filtervorgang zur Verfügung steht.

Andere Konzepte sehen metallische Filter aus Drahtgestrick, metallischem Vlies, gesintertem metallischem Vlies oder gesinterten metallischen Formen vor. Auch diese Rußfilter werden bei hoher Temperatur regeneriert.

Problematisch ist der Regeneriervorgang des Filters. Zum einen werden für diesen Prozeß Temperaturen benötigt, die deutlich höher liegen als die zumeist vorliegende Abgastemperatur. Daher sind Konzepte bekannt geworden, bei denen die Regenerierung durch Zünden eines Brenners eingeleitet wird. Diese Konzepte erlauben die Regenerierung jedoch in der Regel nicht während des Fahrbetriebs. Zum einen wäre dabei durch den großen Abgasstrom der erforderliche Leistungseintrag für den Brenner zu groß. Der zweite Grund liegt in der großen freigesetzten Wärme beim Verbrennen der Rußpartikel. Erfolgt die Verbrennung unkontrolliert, so können dabei sehr hohe Temperaturen auftreten, die zur Zerstörung des Materials führen können. Daher muß bei diesen Konzepten die Regenerierung im Stand erfolgen. In diesem Fall kann die Verbrennung durch Steuerung der zugesetzten Luftmenge beeinflusst und damit die Temperatur begrenzt werden. Daraus ergibt sich jedoch der gravierende Nachteil, daß die Regenerierung nur im Stand durchgeführt werden kann.

Zwischenzeitlich sind auch Konzepte bekannt geworden, bei denen die Regenerierung während des Fahrbetriebs durchgeführt wird. Dazu wird das Abgas durch einen Brenner oder durch eine elektrische Beheizung bis auf die für die Regenerierung erforderliche Temperatur erhitzt. Bei den vorliegenden großen Abgasmengen erfordert diese Lösung jedoch einen großen

zusätzlichen Energieeintrag. Dieser ist mit einem deutlichen Mehrverbrauch an Kraftstoff verbunden.

Bei einem anderen von Firmen untersuchten Konzept werden in einem, dem Rußfilter vorgeschalteten Oxidationskatalysator die im Abgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe umgesetzt, dahinter erfolgt die Rußfilterung. Zur Regenerierung wird nun in bestimmten Zeitabständen durch die Motorsteuerung ein besonders kohlenwasserstoffreiches Abgas erzeugt (angefettetes Gemisch). Bei der Oxidation dieses Abgases im Oxidationskatalysator entstehen infolge der höheren Konzentrationen hohe Abgastemperaturen. Durch eine geeignete Motorsteuerung wird dabei die Abgastemperatur soweit angehoben, daß damit die Zündtemperatur für die Rußpartikel im nachgeschalteten Rußfilter erreicht wird. Dadurch wird die Regenerierung des Rußfilters eingeleitet. Nachteilig bei diesem Verfahren ist daß die Temperatur des Rußfilters vor dem Start der Regenerierung vom jeweils vorliegenden Lastzustand des Motors abhängt und damit praktisch zufällig von der jeweiligen Fahrweise abhängen kann. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß nach dem Zünden der Regenerierung die Reaktion durch die bei der Rußverbrennung freigesetzte Reaktionswärme von selbst abläuft und die Temperatur im Rußfilter dabei weiter zunimmt. Da diese Regenerierung im Betrieb erfolgt, ist die dabei vorliegende Abgasmenge unbestimmt und von der augenblicklichen Fahrweise abhängig. Dadurch ist die im Rußfilter entstehende Temperatur zufälligen Einflüssen unterworfen und somit nur schwer zu kontrollieren.

In einem weiteren Konzept wird vorgeschlagen, dem Rußfilter einen Oxidationskatalysator vorzuschalten. In diesem wird das im Abgas ebenfalls enthaltene NO (Stickstoffmonoxid) zu NO<sub>2</sub> (Stickstoffdioxid) oxidiert. Dieses NO<sub>2</sub> wirkt im nachgeschalteten Rußfilter als Oxidationsmittel, so daß die Oxidation des angesammelten Rußes bereits bei niedrigeren Temperaturen ablaufen soll. In der Praxis reichen jedoch auch bei dieser Anordnung die Abgastemperaturen zur Regenerierung des Filters nicht aus, so daß auch in diesem Fall die Temperatur des Abgases durch zusätzlichen Energieeintrag erhöht werden muß.

Ein zusätzliches Problem stellt die Gleichmäßigkeit der Rußverbrennung auf dem Rußfilter dar. Diese wird von der Gleichmäßigkeit der Rußschicht auf dem Rußfilter und von der Gleichmäßigkeit der Durchströmung des Rußfilters bestimmt. Eine normalerweise vorliegende ungleichmäßige Rußbelegung auf der Oberfläche des Rußfilters führt zu einer ungleichmäßigen Durchströmung, zu einem ungleichmäßigen Rußabbbrand und damit zu ungleichmäßigen Temperaturen auf dem Rußfilter. Erfolgt gleichzeitig die Rußverbrennung mit einer unregelmäßigen Abgasmenge, so können örtliche Temperaturspitzen auftreten, die den Rußfilter zerstören können.

In einem weiteren Patent (Fa. Ceryx) wurde vorgeschlagen, den Abgasstrom durch einen zusätzlichen Wärmetauscher zu leiten. In diesem soll dann Wärme von dem gereinigten Abgas auf das ungereinigte Abgas übertragen werden. Auch dabei ist ein zusätzlicher Energieeintrag durch Zugabe von Kraftstoff vorgesehen. Der zusätzliche Energieeintrag wird durch den Wärmetauscher nur etwas verringert. Nachteilig bei diesem Konzept ist, daß der Abgasstrom zweimal durch den Wärmetauscher hindurchströmen muß. Damit ist ein erheblicher zusätzlicher Druckverlust verbunden, der bei den hohen vorliegenden Abgasströmen zu einem erheblichen Leistungsverlust führt. Bei diesem Konzept ist für die Wärmeübertragung ein treibendes Temperaturgefälle erforderlich, das nur zum Teil durch die freigesetzte Reaktionswärme aufgebracht wird. Die Differenz zwischen der über den Abgasstrom ausgetragenen Wärme und der durch die enthaltenen Schadstoffe freigesetzten Reaktionswärme muß durch zusätzliche Verbrennung von Kraftstoff zugeführt werden. Die zusätzliche Wärmezufuhr wird um so geringer, je besser der Wärmerücktausch ist. Die Verringerung der treibenden Temperaturdifferenz z.B. durch eine längere wärmeübertragende Fläche oder durch Einbauten mit einem höheren Wärmeübergang führen jedoch zwangsläufig zu einem höheren Druckverlust und damit zu einem zusätzlichen Leistungsverlust des Motors.

Abgas aus modernen Motoren, die z.T. die EURO-3 Grenzwerte bereits erreichen, enthält nur noch geringe Mengen von Ruß, so daß die freigesetzte Reaktionswärme ebenfalls gering ist. Die Abschätzung für einen modernen Lkw-Motor zeigt, daß durch die enthaltenen Rußpartikel

eine adiabate Temperaturerhöhung von höchstens einigen wenigen Grad erreicht werden kann. Selbst unter Berücksichtigung zusätzlicher Schadstoffe wie Kohlenwasserstoffe und CO (deren Anteil wegen des hohen Luftüberschusses bei Dieselmotoren gering ist) kann von einer adiabaten Temperaturerhöhung von ca. 10 Grad ausgegangen werden.

Daraus wird ersichtlich, daß gerade bei großen Abgasströmen der zusätzliche Wärmeeintrag erheblich werden kann. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, daß auch der Wärmeübergang durch die Abgasmenge bestimmt wird. Diese wird wiederum –ebenso wie die Abgastemperatur- vom jeweiligen Lastzustand des Motors bestimmt und ist damit zufälligen, durch die Fahrweise hervorgerufenen, nicht vorherbestimmbaren Schwankungen unterworfen.

#### Entfernung von Stickoxiden aus dem Abgas:

Wie bereits erwähnt sind die Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor gekennzeichnet durch einen hohen Luftüberschuß. Dadurch resultieren zwar weniger Schadstoffe aus unvollständiger Verbrennung (z.B. CO, Kohlenwasserstoffe) gleichzeitig ist jedoch die Stickoxidbildung deutlich ausgeprägter.

Die Entfernung von Stickoxiden stellt daher bei Dieselmotoren ein noch nicht befriedigend gelöstes Problem dar. Die Problematik folgt in erster Linie aus dem hohen Sauerstoffüberschuß im Abgas. Im Gegensatz zum 3-Wege-Kat bei Otto-Motoren lassen sich in der sauerstoffreichen Atmosphäre von Dieselabgasen die Stickoxide nicht ohne weiteres zu Stickstoff reduzieren.

Eine ähnliche Problematik wird sich bei Otto-Motoren bei den künftig zu erwartenden Magermotoren, die ebenfalls mit einem höheren Luftüberschuß bei der motorischen Verbrennung arbeiten, ergeben

Zur Entfernung von Stickoxiden aus Dieselabgas sind bislang 2 Verfahren bekannt geworden, die sich derzeit noch in der Versuchsphase befinden. Das eine stellt die selektive katalytische Reduktion unter Verwendung eines Reduktionsmittels dar, das andere Verfahren verwendet sogenannte Speicherkatalysatoren.

Das Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion (SCR) ist aus der Entstickung von Rauchgasen aus Großfeuerungsanlagen bekannt. Bei diesen Anwendungen wird als Reduktionsmittel Ammoniak verwendet mit dessen Hilfe die Stickoxide an einem Katalysator reduziert werden. Die Übertragung dieses Verfahrens auf Dieselmotoren insbesondere Lkw-Motoren befindet sich derzeit in der Versuchsphase. Bei mobilen Anwendungen von Dieselmotoren wird in der Regel eine Harnstofflösung als Reduktionsmittel verwendet. Daneben sind auch andere Verfahren mit Ammoniak freisetzenden Substanzen (z.B. Ammonium-Carbamat) bekannt geworden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß ein zusätzliches Reduktionsmittel benötigt wird, das in einem Tank im Fahrzeug mitgeführt wird und folglich in regelmäßigen Abständen nachgetankt werden muß. Zusätzliche Probleme bestehen in der erforderlichen gleichmäßigen Zugabe des Reduktionsmittels. Bei einer ungleichmäßigen Beaufschlagung kann ein sogenannter Schlupf auftreten, bei dem unverbrauchtes Reduktionsmittel emittiert wird. Aus diesem Grund wird insbesondere für die Anwendungen in Pkw an einem anderen Verfahren gearbeitet.

Bei diesem zweiten Verfahren werden sogenannte Speicherkatalysatoren verwendet, die in der Lage sind Stickoxide zeitweise sorptiv zu binden. Damit werden während des normalen Betriebs in sauerstoffreichem Abgas die Stickoxide aus dem Abgas an den Speicherkatalysator adsorbiert und chemisch gebunden. Nach einer gewissen Zeit muß eine Regeneration erfolgen. Dazu wird durch die Motorsteuerung kurzzeitig ein sauerstoffarmes Abgas erzeugt. Durch das sauerstoffarme Abgas und die darin enthaltenen Kohlenwasserstoffe werden die auf dem Speicherkatalysator gebundenen Stickoxide reduziert. Nach Abschluß dieser kurzen Regenerationsphase regelt die Motorsteuerung wieder auf den normalen Betrieb mit sauerstoffreichem Abgas. Die Arbeitstemperatur des Verfahrens liegt mit ca. 350 °C in der Größenordnung der Dieselabgastemperatur. Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß kein zusätzliches Reduktionsmittel im Fahrzeug mitgeführt werden muß. Dem stehen jedoch einige

Nachteile gegenüber. Zum einen ist dies die erforderliche periodische Regenerierung mit der erforderlichen Gemischanfettung. Dies führt insbesondere zu einem instationären Verhalten von Motor und Abgasreinigung. Während des kurzen Regenerierzyklus müssen alle in einen Katalysator emittierenden Zylinder in einem ungünstigen Betriebspunkt betrieben werden. Die dadurch verursachte Leistungs- und Drehmomentänderung des Motors muß durch zusätzliche Maßnahmen der Motorsteuerung ausgeglichen werden um dem Fahrzeug eine kontinuierliche Leistung zur Verfügung zu stellen. Weitere Nachteile des Betriebs mit angefettetem Gemisch bestehen in dem kurzzeitig höheren Kohlenwasserstoff-Ausstoß, damit in dem kurzfristig höheren Verbrauch sowie in möglichen kurzfristigen Emissionsspitzen.

In der englischsprachigen Literatur werden diese Speicherkatalysatoren auch als NOx-Adsorber oder NOx-Traps bezeichnet. Die bei der Beladung und bei der Regenerierung am Speicherkatalysator ablaufenden Reaktionen können dem Stand der Technik entnommen werden.

### **Erfindungsgemäße Aufgabe:**

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe ein System für eine kontinuierliche Rußfilterung und für eine während der Abgasreinigung erfolgende Regenerierung zu erarbeiten. Der Regenerierbetrieb soll weitgehend autotherm verlaufen, so daß eine Zuheizung weitgehend vermieden werden kann. Das Verfahren soll zudem unempfindlich gegenüber Lastwechseln des Motors sein, die bekanntlich zu erheblichen Schwankungen von Abgasmenge, Schadstoffbeladung und Abgastemperatur führen. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung soll eine Entstickung der Abgase integriert werden.

### **Erfindungsgemäße Lösung:**

Ursache für die Probleme örtlicher Temperaturspitzen bei der Regenerierung von Rußfiltern liegen zum einen in den relativ großen Regenerierintervallen, die zu relativ hohen örtlichen Rußbeladungen führen können. Eine kontinuierliche Oxidation der Rußpartikel könnte dieses Problem vermeiden; erkaufte allerdings mit einem hohen laufenden zusätzlichen Energiebedarf. Ursache für diesen hohen zusätzlichen Energiebedarf ist der Wärmeaustrag durch den Abgasstrom.

Beide Probleme lassen sich erfindungsgemäß wie folgt vermeiden. In einem ersten Bereich einer für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Vorrichtung, der mit einem geeigneten, an späterer Stelle spezifizierten, rußfilternden Medium versehen ist, werden die Rußpartikel aus dem Abgasstrom entfernt und auf dem filternden Medium abgeschieden. In einem zweiten Bereich der Vorrichtung erfolgt die Regenerierung des filternden Mediums. Entscheidend ist, daß die Regenerierung nur mit einem kleineren Teilstrom von Luft oder Abgas erfolgt. Durch die Verwendung eines Teilstromes lassen sich folgende Vorteile erzielen. Zum einen erfolgt ein geringerer Wärmeaustrag bereits dadurch, daß nur ein kleiner Teilstrom mit einer höheren Temperatur ausgetragen wird. Zum zweiten läßt sich die Menge des Teilstromes regeln, wodurch der Rußabbrand durch Regelung der zugeführten Sauerstoffmenge derart beeinflußt werden kann, daß keine zu hohen Temperaturen entstehen. Dieser Vorgang im zweiten Bereich der Vorrichtung erfolgt unabhängig von der gleichzeitig im ersten Bereich der Vorrichtung verlaufenden Abgasreinigung. Weiterhin kann sinnvollerweise in einem dritten Bereich der Vorrichtung die Vorwärmung des Regeneriergases über das bei der Regenerierung erhitzte filternde Medium erfolgen. Abgasreinigung, Regenerierzyklus und Wärmerückgewinnung werden zyklisch in den einzelnen Bereichen der Vorrichtung durchgeführt.

Die einzelnen Bereiche der Vorrichtung können in einzelne Apparate oder Teilapparate aufgeteilt werden, wobei die jeweiligen Abgas- Regeneriergas- und Heißgasströme im zeitlichen Wechsel durch die Teilapparate geführt werden können. Besonders vorteilhaft ist es die einzelnen Bereiche in einen Apparat zu integrieren. Eine besonders geeignete Möglichkeit

hierfür kann in der Verwendung eines Rotors bestehen. Der Rotor kann ein rußfilterndes Medium enthalten oder aus einem solchen, z.B. einem Rußfilter bestehen(s.u.).

Durch eine Drehbewegung des Rotors gegenüber der Abgaszu- und Abführung werden nacheinander die einzelnen Verfahrensschritte Abgasreinigung, Regenerierung und Wärmetausch durchlaufen. Es kann sich für den Aufbau des Apparates als günstiger erweisen, wenn die Vorrichtung stillstehend angeordnet ist, während die Abgaszuführung und die Abgasabführung als rotierender Abgasverteiler ausgeführt sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können die einzelnen Bereiche der Vorrichtung als getrennte Apparate ausgeführt werden, denen das Abgas in bestimmten Zyklen zugeführt wird. Die Umschaltung der Abgaszu- und -Abführung in die einzelnen Bereiche kann dabei auch über taktweise geschaltete Klappen oder Ventile erfolgen. In diesem Fall erfolgt ein zyklischer Wechsel der Strömung in den einzelnen Bereichen bzw. Teilapparaten. Dieser zyklische Wechsel läßt sich einfacher am Beispiel des Rotors erläutern.

Im folgenden soll die Bezeichnung "Rotor" verwendet werden, wobei auch eine Anordnung verstanden werden soll, bei der das rußfilternde Medium in einer feststehenden Anordnung untergebracht ist, während die Fluidzuführungen gedreht werden. Des Weiteren läßt sich die folgende Funktionsbeschreibung auch auf die Ausführung mit einzelnen getrennten Apparaten übertragen. Der Einfachheit halber soll im folgenden beispielhaft das drehende rußfilternde Medium mit feststehenden Fluidzuführungen beschrieben werden.

Dabei erfolgt der Wechsel der einzelnen Bereiche durch Drehung des Rotors wie folgt: Die einzelnen Bereiche oder Segmente des Rotors werden durch geeignete Strömungszuführungen mit den unterschiedlichen Fluidströmen angeströmt.

Im ersten Bereich strömt das Abgas durch das rußfilternde Medium des Rotors und wird gereinigt. Dieser Verfahrensschritt erfolgt unabhängig von Temperatur, Zusammensetzung und Menge des Abgasstromes. Durch Drehung des Rotors gelangt das mit Ruß beladene rußfilternde Medium in den Regenerierbereich. In diesem Bereich erfolgt die Regenerierung des beladenen rußfilternden Mediums mit einem kleineren Teilstrom des Abgases. An Stelle eines Teilstromes des Abgases kann auch Luft verwendet werden. Durch die Menge des Luft- oder Abgasstromes (und die dadurch zugeführte Sauerstoffmenge) kann der Abbrand des abgelagerten Rußes geregelt werden. Damit lassen sich Übertemperaturen vermeiden. Durch die beim Rußabbrand freigesetzte Reaktionswärme werden Regeneriergas und Rußfilter erhitzt. Im Sinne eines geringen Wärmeverlustes kann in weiteren Bereichen des Rotors diese Wärme zurückgewonnen und zur Vorwärmung des Regeneriergases verwendet werden. Gegebenenfalls können dazu auch vor oder hinter dem Rotor wärmeübertragende Bereiche angeordnet werden (s.u.).

Durch die Verwendung eines kleinen Teilstromes für die Regenerierung ergeben sich wesentlich kleinere Wärmeverluste, ein autothermer Betrieb ist möglich. Bei der Verwendung eines Teilstromes des Abgases kann dieser über eine geregelte Klappe aus dem Abgasstrom abgezweigt werden. Dadurch kann eine weitgehende Unabhängigkeit vom Lastwechselverhalten des Motors erreicht werden.

#### Regeneriergasstrom

Zur Regenerierung des beladenen rußfilternden Mediums kann ein Teilstrom des Abgases verwendet werden. Dieser Teilstrom kann über eine geregelte Klappe aus dem Abgasstrom abgezweigt werden.

Alternativ kann zur Regenerierung auch reine Luft verwendet werden. Welche der beiden Möglichkeiten sinnvoller ist, hängt von der -weiter unten diskutierten- Strömungsführung ab.

#### Regeneriergasmenge:

Die Regeneriergasmenge bzw. Regenerierluftmenge ergibt sich aus der erforderlichen Sauerstoffmenge die zur vollständigen Verbrennung des abgelagerten Rußes erforderlich ist. Zur Vermeidung von Übertemperaturen kann die Regeneriergasmenge bzw. Regenerierluftmenge derart geregelt werden, daß eine bestimmte Temperatur beim Abbrand nicht überschritten wird. Bei einer geeigneten Wahl der Drehzahl des Rotors und damit der Regenerierzyklen ist diese Begrenzung nicht erforderlich. Sofern die Sauerstoffbegrenzung zu einer unerwünschten CO-Bildung führt, kann dieses -ggf. nach weiterer Luftzugabe- in einem nachgeschalteten Katalysator umgesetzt werden. Wahlweise kann auch zumindest in Teilbereichen des rußfilternden Mediums ein Katalysator angeordnet werden. Es können auch Bereiche des rußfilternden Mediums mit Katalysator ausgestattet, z.B. beschichtet werden. Die Regeneriergasmenge muß zudem auf die Dauer des Regenerierzyklus abgestimmt werden. Beim Rotor kann die Dauer des Regenerierzyklus in einfacher Weise durch Variation der Drehzahl verändert werden. Des weiteren können beim Rotor die jeweiligen Zeiten für Reinigung und Regenerierung durch die flächenmäßige Aufteilung zwischen den einzelnen Bereichen gestaltet werden.

#### Oxidations-Katalysator:

Zur Beschleunigung der Oxidations-Reaktionen kann zumindest in Teilbereichen des rußfilternden Mediums ein Katalysator angeordnet werden. Es können auch Bereiche des rußfilternden Mediums mit Katalysator beschichtet werden. Wird für die Beschichtung ein Oxidationskatalysator, z.B. ein edelmetallhaltiger Katalysator verwendet, so kann an diesem etwa gebildetes CO oxidiert werden. Ebenso kann durch einen Katalysator die Oxidation der abgelagerten Rußpartikel beschleunigt werden.

Des weiteren kann dieses Verfahren mit Speicherkatalysatoren zur Entfernung von Stickoxiden aus dem Abgas kombiniert werden. Diese Möglichkeit wird weiter unten beschrieben.

#### Regenerierintervalle:

Die Regenerierintervalle können dem Lastverhalten des Motors und der dadurch anfallenden Rußmenge angepaßt werden. Beim Rotor kann dies in einfacher Weise über die Drehzahl erfolgen. Bei Verwendung getakteter Einzelapparate kann dies über die Taktzeit erfolgen.

#### Aufteilung der Rotorsegmente

Die Funktionsbereiche des Rotors werden durch Anordnung der Fluidzu- und Abführungen festgelegt. Dadurch läßt sich auch die Segmentaufteilung für die Bereiche Abgasreinigung, Regenerierung und Wärmerücktausch vorgeben. Im Sinne dieser Erfindung soll das größte Segment des Rotors für die Reinigung des Abgasstroms zur Verfügung stehen. Ein kleineres Segment des Rotors soll für die Regenerierung des rußfilternden Mediums verwendet werden. In einem weiteren ebenfalls kleineren Segment kann der Wärmerücktausch erfolgen.

Das erforderliche Verhältnis der Segmentgrößen von Abgassegment und Regeneriersegment wird bestimmt zum einen durch die Rußbelastung des Motorabgases, zum zweiten durch die vorgesehene maximale Rußbelastung des Filtermaterials sowie durch die vorgesehene Zeitdauer der Regenerierung.

#### Ausführung / Bauform

Eine besonders geeignete Möglichkeit hierfür kann in der Verwendung eines Rotors bestehen. Der Rotor kann ein rußfilterndes Medium enthalten oder aus einem solchen, z.B. einem Rußfilter bestehen(s.u.). Durch die einzelnen Fluidzu- und Abführungen ergeben sich im Rotor die einzelnen Funktionsbereiche ("Rotor"-Ausführung).



Alternativ kann auch eine Ausführung verwendet werden bei der das rußfilternde Medium feststehend angeordnet ist, während die Fluidzu- und Abführungen gedreht werden ("Stator"-Ausführung). Die Ausführung mit feststehendem Rußfilter und drehenden Fluidverteilern kann bei empfindlichen keramischen Filtermedien sinnvoller sein. Dabei kann es sinnvoll sein, den drehenden Fluidverteiler nicht unmittelbar am Filtermaterial anzuordnen. Vielmehr kann dort ein Übergangsbereich angeordnet werden. Dann kann die Abdichtung von der keramischen Matrix entkoppelt werden. In diesem Fall muß dieser Übergangsbereich ebenfalls eine Segmentaufteilung aufweisen, um eine Vermischung zwischen den einzelnen Segmenten zu unterbinden.

An Stelle der Rotor- oder Stator- Ausführung kann die Vorrichtung auch aus einzelnen Teilapparaten bestehen, die abwechselnd von den jeweiligen Fluidströmen durchströmt werden. In diesem Fall erfolgt die Umschaltung der Fluidströme zwischen den einzelnen Teilapparaten durch geeignete Klappen oder Ventile.

#### Betriebsweise des Rotors / Stators

Bei der Rotor-Ausführung und bei der Stator-Ausführung kann die Drehung entweder kontinuierlich erfolgen, oder es kann eine getaktete Drehbewegung erfolgen, bei der die drehende Einheit jeweils um ein bestimmtes Segment weitergedreht wird.

#### Art des rußfilternden Materials:

Als rußfilternde Matrix im Apparat können unterschiedliche Materialien und unterschiedliche Ausführungen zur Anwendung kommen.

Dies kann zum einen ein keramischer Wabenmonolith-Rußfilter sein bei dem die einzelnen Kanäle abwechselnd am Eintritt bzw. am Austritt verschlossen werden. (Sogenannter wall-flow Filter). Alternativ kann auch ein keramischer Faserfilter, ein metallischer Faserfilter oder ein metallischer Vliesfilter im Apparat angeordnet werden. Des weiteren können Sintermetallfilter oder Sinterkeramikfilter verwendet werden.

Die metallischen Ausführungen bieten den Vorteil einer höheren Festigkeit gegenüber Wärmespannungen und eine höhere Temperaturwechselbeständigkeit.

#### Form des rußfilternden Materials:

Das rußfilternde Material kann eine Wabenstruktur-Form aufweisen, wie sie von existierenden Rußfiltern bekannt ist. Diese Form bietet aufgrund der parallel angeordneten Kanäle den Vorteil, daß die Strömung ohne Querkomponente in Strömungsrichtung geführt wird. Dadurch kann eine Quervermischung zwischen den einzelnen Bereichen ohne zusätzliche Maßnahmen vermieden werden.

Alternativ kann das rußfilternde Material in Form von Vlies oder Fasermatten angeordnet werden. Zur Vermeidung einer Querströmung sollte in diesem Fall der Rotorquerschnitt in einzelne Segmente aufgeteilt werden, zwischen denen eine Quervermischung vermieden werden kann.

Möglich ist auch eine Anordnung des Filtermaterials in Form paralleler Wände. Zur Bildung von Segmenten können diese Wände auch sternförmig derart angeordnet werden, daß sie dadurch Segmente bilden.

In einer weiteren Bauform kann ein durchgehendes rußfilterndes Material in der von Luftfiltern bekannten Bauform zick-zack-förmig gefaltet angeordnet werden. Bei geeigneter Faltung werden dadurch ebenfalls Segmente gebildet.

#### Form des Rotors / Stators:

Rotor bzw. Stator können in der einfachsten Form aus einem zylindrischen Monolith bestehen. Diese Bauform bietet sich z.B. an, wenn keramische Wabenmonolithe verwendet werden.

Möglich ist auch die Anordnung von Rotor bzw. Stator in der Form eines Hohlzylinders. Dies kann z.B. bei der Verwendung zick-zack-förmig gefalteter rußfilternder Elemente sinnvoll sein.

Bei der zylindrischen Anordnung erfolgt die Durchströmung mit den einzelnen Fluidströmen sinnvollerweise in axialer Richtung. Bei der Hohlzylinder-Anordnung kann die Strömungsführung sowohl axial als auch radial ausgeführt werden.

#### Vor- oder nachgeordnete Wärmetauscher-Bereiche:

In einer weiteren Ausführung können dem Rotor wärmetauschende Bereiche vor- oder nachgeschaltet werden. Diese können z.B. als Wärmetauscher ausgeführt werden. Dadurch läßt sich eine weitere Verbesserung des Wärmerücktaushes erzielen.

#### Weitere Anwendungsfälle:

Neben dem Einsatz zur Abgasreinigung bei Dieselmotoren kann diese Erfindung auch bei anderen Motorkonzepten (z.B. Otto-Motoren mit Direkteinspritzung) eingesetzt werden, bei denen Stoffe oder Partikel emittiert werden, die sich auf einem Filter ansammeln, der daran anschließend in einem Regenerationsschritt gereinigt werden muß. Weitere Anwendungsfälle können sich auch in der stationären Abluftreinigung ergeben, wenn z.B. aerosolhaltige Abluftströme oder partikelbeladene Abluftströme gereinigt werden müssen.

#### Kombination mit einem Entstickungsverfahren mit Speicherkatalysatoren

In besonders vorteilhafter Weise läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren mit der Entstickung mit Speicherkatalysatoren kombinieren.

Dazu kann das rußfilternde Medium zumindest bereichsweise mit einem Speicherkatalysator ausgestattet, vorzugsweise beschichtet werden. In einem ersten Bereich einer für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Vorrichtung erfolgt dabei stets die Reinigung des Abgases des normalen Motorbetriebs. Dabei werden die Stickoxide an den Speicherkatalysator gebunden. In einem zweiten Bereich der Vorrichtung erfolgt die Regenerierung des Speicherkatalysators. Entscheidend ist, daß die Regenerierung nur mit einem kleineren Teilstrom des Abgases erfolgt. Durch die Verwendung eines Teilstromes lassen sich die folgenden Vorteile erzielen: Zum einen läßt sich der Teilstrom unabhängig vom jeweiligen Lastzustand des Motors regeln. Dadurch kann die Regenerierung stets mit einem gleichbleibenden oder wahlweise mit einem angepaßten Strom erfolgen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß nur ein kleiner Teilstrom mit einem sauerstoffarmen und ggf. kohlenwasserstoffhaltigen Abgas erzeugt werden muß.

Dabei ergeben sich entscheidende Vorteile z.B. dadurch, daß der Motor stets in normaler Betriebsweise läuft; ein Wechsel auf den Regenerierbetrieb mit angefettetem Gemisch ist nicht erforderlich.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung des Verfahrens werden in einem ersten Bereich der Vorrichtung kontinuierlich und gleichzeitig die Rußpartikel an dem filternden Medium angelagert und die Stickoxide an dem Speicherkatalysator gebunden. Dadurch wird das Abgas gleichzeitig von Rußpartikeln und von Stickoxiden gereinigt. Bei Verwendung eines geeigneten, die Oxidation beschleunigenden Katalysators können zudem im gleichen Bereich auch Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid aus dem Abgas entfernt werden. In weiteren Bereichen der Vorrichtung werden dann das rußfilternde Medium und der Speicherkatalysator kontinuierlich regeneriert.

Im Regeneriersegment kann bei der Regenerierung des rußfilternden Mediums durch Regelung des Teilstromes ein sauerstoffarmes und ggf. Kohlenmonoxid-haltiges Gas erzeugt werden. Mit einem solchen sauerstoffarmen und ggf. Kohlenmonoxid-haltigen Gas kann dann in einem Regeneriersegment der Speicherkatalysator regeneriert werden.

Der Begriff Speicherkatalysator bezeichnet dabei eine Zusammensetzung, die imstande ist Stickoxide aus dem sauerstoffhaltigen Abgas zu binden und die unter sauerstoffarmen und ggf. oxidativen Bedingungen wieder regeneriert werden kann (z.B. BaO). Typische Speicherkatalysatoren bestehen dabei aus drei aktiven Komponenten: einem Oxidationskatalysator (z.B. Platin), einem Adsorbens (z.B. Barium-Oxid) und einem Reduktionskatalysator (z.B. Rhodium). Das Adsorbens kann dabei Elemente aus den Gruppen der Alkalischen Erden, der Alkalimetalle oder der Seltenen Erden enthalten.

Wie bereits für das reine Rußfilterverfahren beschrieben, können die einzelnen Bereiche der Vorrichtung in einzelne Apparate oder Teilapparate aufgeteilt werden, wobei die jeweiligen Abgas- Regeneriergas- und Heißgasströme im zeitlichen Wechsel durch die Teilapparate geführt werden können. Besonders vorteilhaft ist es die einzelnen Bereiche in einen Apparat zu integrieren. Eine besonders geeignete Möglichkeit hierfür kann in der Verwendung eines Rotors bestehen.

Analog zum reinen rußfilternden Verfahren soll im folgenden die Bezeichnung "Rotor" verwendet werden, wobei darunter auch eine Anordnung umfaßt werden soll, bei der das rußfilternde Medium in einer feststehender Anordnung untergebracht ist, während die Fluidzuführungen gedreht werden. Des Weiteren läßt sich die folgende Funktionsbeschreibung auch auf die Ausführung mit einzelnen getrennten Apparaten übertragen. Der Einfachheit halber soll im folgenden beispielhaft das drehende rußfilternde Medium mit feststehenden Fluidzuführungen beschrieben werden.

Bei dieser Anordnung erfolgt im größten Bereich des Rotors die gleichzeitige Entfernung von Ruß durch das rußfilternde Material und die Entfernung der Stickoxide durch den Speicherkatalysator. Durch Drehung des Rotors gelangen mit Ruß und Stickoxiden beladene Bereiche in den Regenerierbereich. Im Regenerierbereich werden zum einen in der bereitsbeschriebenen Weise unter Verwendung eines kleinen Regeneriergasstroms die abgelagerten Rußpartikel oxidiert. Durch die Regelung der Regeneriergasmenge können folgende Effekte erzielt werden: Zum ersten kann die Temperatur begrenzt werden. Zum anderen kann bei einer geringen Regeneriergasmenge ein sauerstoffarmes Gas erzeugt werden. Zum dritten kann die Regeneriergasmenge soweit verringert werden, daß der darin enthaltene Sauerstoff vollständig verbraucht wird und darüber hinaus ein Kohlenmonoxid-haltiges Gas erzeugt wird. Ein solches Kohlenmonoxid-haltiges Gas läßt sich in besonders vorteilhafter Weise für die Regenerierung des Speicherkatalysators nutzen. Zur Regelung kann der über eine lambda-Sonde gemessene Sauerstoffgehalt verwendet werden.

Mit dem so durch die Partikeloxidation erzeugten Gas kann die Regenerierung des Speicherkatalysators durchgeführt werden. Dabei kann die Regenerierung von Rußfilter und Speicherkatalysator auch in aufeinanderfolgenden Segmenten durchgeführt werden. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, beides im gleichen Segment zu regenerieren.

Prinzipiell kann zur Regenerierung des Speicherkatalysators dem Regeneriergas auch zusätzlich Kraftstoff zugegeben werden. Die Regenerierung mit Kohlenmonoxid-haltigem Gas hat jedoch den Vorteil, daß kein zusätzlicher Kraftstoff benötigt wird.

#### Regeneriergasstrom

Zur Regenerierung des beladenen rußfilternden Mediums kann ein Teilstrom des Abgases verwendet werden. Dieser Teilstrom kann über eine geregelte Klappe aus dem Abgasstrom abgezweigt werden. Dadurch kann eine weitgehende Unabhängigkeit vom Lastwechselverhalten des Motors erreicht werden. Zudem können durch diesen unabhängigen Teilgasstrom die Bedingungen für die Regenerierung optimiert werden.

In Kombination mit dem Rußfilter mit Teilstromregenerierung kann zur Regenerierung auch reine Luft verwendet werden. Welche der beiden Möglichkeiten sinnvoller ist, hängt von der - weiter unten diskutierten - Strömungsführung ab.

#### Regeneriergasmenge:

Die Regeneriergasmenge bzw. Regenerierluftmenge kann durch eine Klappe unabhängig vom jeweiligen Lastzustand des Motors geregelt werden.

Die Regeneriergasmenge muß zudem auf die Dauer des Regenerierzyklus abgestimmt werden. Beim Rotor kann die Dauer des Regenerierzyklus in einfacher Weise durch Variation der Drehzahl verändert werden.

#### Regenerierintervalle:

Die Regenerierintervalle können dem Lastverhalten des Motors und der dadurch anfallenden Menge an Stickoxiden angepaßt werden. Beim Rotor kann dies in einfacher Weise über die Drehzahl erfolgen. Bei Verwendung getakteter Einzelapparate kann dies über die Taktzeit erfolgen.

#### Aufteilung der Rotorsegmente

Die Funktionsbereiche des Rotors werden durch Anordnung der Fluidzu- und Abführungen festgelegt. Dadurch läßt sich auch die Segmentaufteilung für die Bereiche Abgasreinigung und Regenerierung vorgeben. Im Sinne dieser Erfindung soll das größte Segment des Rotors für die Reinigung des Abgasstroms zur Verfügung stehen. Ein kleineres Segment des Rotors soll für die Regenerierung des Speicherkatalysators verwendet werden. Bei der Kombination dieses Verfahrens mit dem Rußfilter kann in einem weiteren ebenfalls kleineren Segment ein Wärmerücktausch erfolgen.

Das erforderliche Verhältnis der Segmentgrößen von Abgassegment und Regeneriersegment wird bestimmt zum einen durch die NO<sub>x</sub>-Konzentrationen des Motorabgases, zum zweiten durch die vorgesehene maximale Beladung des Speicherkatalysators sowie durch die erforderliche Zeitdauer der Regenerierung.

#### Ausführung / Bauform

Eine besonders geeignete Möglichkeit hierfür kann in der Verwendung eines Rotors bestehen. Der Rotor kann zumindest in Bereichen mit Speicherkatalysator beschichtet werden oder ganz aus diesem bestehen. Durch die einzelnen Fluidzu- und Abführungen ergeben sich im Rotor die einzelnen Funktionsbereiche ("Rotor"-Ausführung).

Alternativ kann auch eine Ausführung verwendet werden bei der der Speicherkatalysator feststehend angeordnet ist, während die Fluidzu- und Abführungen gedreht werden ("Stator"-Ausführung). Die Ausführung mit feststehendem Speicherkatalysator und drehenden Fluidverteilern kann bei empfindlichen keramischen Trägermedien sinnvoller sein.

An Stelle der Rotor- oder Stator- Ausführung kann der Apparat auch aus einzelnen Teilapparaten bestehen, die abwechselnd von den jeweiligen Fluidströmen durchströmt werden. In diesem Fall erfolgt die Umschaltung der Fluidströme zwischen den einzelnen Teilapparaten durch geeignete Klappen oder Ventile.

Bei allen Anordnungen kann es sinnvoll sein, Teilbereiches der Trägermatrix mit Speicherkatalysator zu beschichten, während andere, unbeschichtete Bereiche für den Wärmetausch zur Verfügung stehen. Dadurch ist es z.B. möglich einen optimalen Betriebstemperaturbereich für den Speicherkatalysator einzustellen.

Darüber hinaus kann es z.B. vorteilhaft sein durch Anordnung und Größe wärmetauschender Bereiche in den Segmenten und durch Anordnung bereits genannter wärmetauschender Segmente ein hohes Temperaturprofil von ca. 700°C einzustellen, bei dem eine Schwefelvergiftung des Speicherkatalysators rückgängig gemacht werden kann.

Art der Trägermatrix für den Speicherkatalysator:

Als Trägermatrix im Apparat können unterschiedliche Materialien und unterschiedliche Ausführungen zur Anwendung kommen.

Grundsätzlich können alle Trägermaterialien zum Einsatz kommen, die auch bei konventionellen Speicherkatalysatoren verwendet werden. Gleiches gilt für die Art der verwendeten Speicherkatalysatoren. Hier können ebenfalls alle Materialien zum Einsatz kommen, die auch bei konventionellen Speicherkatalysatoren verwendet werden. So kann die keramische Matrix z.B. ein keramischer Wabenmonolith sein, der als Trägermatrix für den Speicherkatalysator dient.

In Kombination des Verfahrens mit dem Rußfilter mit Teilstromregenerierung kann der Träger für den Speicherkatalysator auch ein keramischer Wabenmonolith-Rußfilter sein, bei dem die einzelnen Kanäle abwechselnd am Eintritt bzw. am Austritt verschlossen sind.

Alternativ kann auch ein keramischer Faserfilter oder eine metallischer Faserfilter im Apparat angeordnet und mit Speicherkatalysator beschichtet werden.

Des weiteren können Sintermetallfilter oder Sinterkeramikfilter verwendet werden, die bereichsweise ebenfalls eine Beschichtung mit Speicherkatalysator aufweisen können.

Es ist auch möglich die rußfilternde Matrix und den Speicherkatalysator hintereinander anzuordnen.

Ebenso ist es möglich in Kanäle der rußfilternden Matrix den Speicherkatalysator auf einem zusätzlichen Träger einzubringen. In diesem Fall ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kanäle des Rußfilters auf der dem Motor abgewandten Seite mit dem Speicherkatalysator auf einem zusätzlichen Träger ausgestattet werden.

Übertragung der oxidativen Rotor-Teilstromregenerierung auf andere Verfahren:

Die Erfindung läßt sich auch auf andere Verfahren, die eine periodische Regenerierung benötigen, übertragen. Dies kann z.B. die Kombination von adsorptiver Abluftreinigung und anschließender oxidativer Regenerierung des Adsorbens sein. Dabei können die adsorbierten Komponenten direkt auf dem Adsorbens regeneriert werden. Die Anwendung des Rotors mit Teilstromregenerierung bietet auch bei dieser Verfahrenskombination den entscheidenden Vorteil eines kontinuierlichen Betriebs.

Beispiele von Schaltungsvarianten

Die folgenden Beschreibungen zeigen beispielhafte Schaltungsvarianten. Die gezeigten Varianten stellen nur Beispiele dar und zeigen nicht alle der vorstehend beschriebenen Anordnungen.

Bei den folgenden Abbildungen wird die Schaltungsart am Beispiel einer Rotor-Ausführung aufgezeigt. Gleiche Schaltungen sind auch bei Stator-Ausführungen oder bei getrennten Teilapparaten mit einer Umschaltung durch Klappen oder Ventile (getaktete Apparate) möglich. Bei allen Abbildungen wurde der Rotor mit den Segmenten durch ein Ersatzschaubild abgebildet, wie es in Abb. 8 dargestellt ist.

Fig. 1 zeigt die beispielhafte Anordnung eines Rotors an dessen Beispiel das Verfahren zur Reinigung der Abgase in den folgenden Ausführungen aufgezeigt werden soll. Der Rotor (1) besteht aus einer Matrix (2). Diese kann aus einem rußfilternden Material bestehen oder zumindest bereichsweise ein solches rußfilterndes Material enthalten. Vor dem Rotor ist ein Zuströmbereich (3) und nach dem Rotor ein Abströmbereich (4) angeordnet. In den Zuström-

und Abströmbereichen wird die Durchströmung des Rotors in mehrere Segmente (5) aufgeteilt. Der Rotor selbst kann einen durchgehend homogenen Aufbau aufweisen. Die einzelnen Segmente können von unterschiedlichen Gasströmen durchströmt werden. Durch Drehung des Rotors (1) durchläuft die Rotormatrix nacheinander unterschiedliche Segmente und kann dabei wie im folgenden beschrieben unterschiedlich durchströmt werden.

Zur einfacheren anschaulicheren Darstellung soll im Folgenden ein Ersatzschaubild verwendet werden. Dieses Ersatzschaubild ist in Fig. 2 dargestellt. Die Drehbewegung des Rotors wird dabei in einer linearen Bewegung dargestellt. Die Durchströmung der Rotormatrix in den einzelnen Segmenten soll dabei durch die einzelnen Bereiche (6) dargestellt werden.

Fig. 3 zeigt die beispielhafte Ausführung einer Stator-Ausführung. Diese enthält eine feststehende Matrix (7). Vor der Matrix ist ein drehender Anströmbereich (8) und nach der Matrix ein drehender Abströmbereich (9) angeordnet. Zuström- und Abströmbereich können in mehrere Segmente (10) aufgeteilt sein. Durch synchrone Drehung des Zuström- und Abströmbereiches kann die feststehende Matrix im zeitlichen und örtlichen Wechsel mit unterschiedlichen Gasströmen beaufschlagt werden. Die Statorausführung soll ebenfalls anhand eines Ersatzschaubilds erläutert werden. Fig. 4 zeigt das Ersatzschaubild der Statorausführung. Die Drehbewegung der Zuström- und Abströmbereiche wird dabei durch eine lineare Bewegung der Matrix dargestellt. Die Durchströmung der Matrix in den einzelnen Segmenten soll dabei durch die einzelnen Bereiche (6) dargestellt werden. Der Vergleich mit Fig. 2 zeigt, daß Rotor- und Statorausführung mit dem gleichen Ersatzschaubild beschrieben werden können.

Fig. 5 zeigt eine beispielhafte Ausführung mit mehreren Teilapparaten (11). Im hier gezeigten Beispiel sind die Teilapparate getrennt, sie können jedoch auch in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sein. Die Teilapparate können Schaltelemente (12), z.B. Klappen oder Ventile im zeitlichen Wechsel mit unterschiedlichen Gasströmen (13), (14) beaufschlagt werden. Dadurch kann die Matrix in den Teilapparaten im zeitlichen Wechsel mit unterschiedlichen Gasströmen durchströmt werden. In Fig. 5 ist beispielhaft eine Ausführung mit drei Teilapparaten und zwei unterschiedlichen Gasströmen dargestellt. Erfindungsgemäße Anordnungen können auch mehrere Teilapparate und weitere Gasströme beinhalten. Ebenso kann die Anströmung mit unterschiedlichen Gasströmen auch von unterschiedlichen Seiten erfolgen.

Fig. 6 zeigt ein Ersatzschaubild einer Ausführung mit getrennten Teilapparaten. Auch hierbei werden die Teilapparate durch unterschiedliche Bereiche (6) im Ersatzschaubild dargestellt. Die zeitlich wechselnde Durchströmung der Matrix in den einzelnen Teilapparaten wird im Ersatzschaubild durch eine Linearbewegung der Matrix durch die einzelnen Bereiche (6) des Ersatzschaubilds symbolisiert. Der Vergleich mit Fig. 2 und Fig. 4 zeigt, daß auch diese Ausführung mit diesem Ersatzschaubild beschrieben werden kann.

Daneben sind auch weitere Ausführungen denkbar, die sich ebenfalls mit einem solchen Ersatzschaubild darstellen lassen.

Im folgenden soll daher der Verfahrensablauf der erfindungsgemäßen Abgasreinigung anhand solcher Ersatzschaubilder dargestellt werden.

Fig. 7 zeigt beispielhaft eine Verfahrensvariante der Abgasreinigung mit Teilstromregenerierung bei der Luft als Regeneriermedium verwendet wird. Bei Lkws kann der zur Regenerierung benötigte kleine Luftstrom ggf. aus der vorhandenen Druckluftanlage entnommen werden, so daß ein zusätzliches Gebläse entfallen kann. Im größten Bereich der Anordnung wird das Motor kommende Abgas (15) in der Matrix (16) gereinigt. Die Matrix kann dabei aus rußfilterndem Material zur Entfernung der Rußpartikel aus der Abluft bestehen oder ein solches enthalten. In diesem Fall wird der Ruß aus der Abluft auf dem Rußfilternden Material abgeschieden. Bei vielen Lastzuständen des Motors ist die Temperatur des Abgases so niedrig daß in diesem Bereich keine oder nur eine langsame Oxidation der Rußpartikel erfolgt. Das gereinigte Abgas (29) verläßt den Apparat. Durch einen kontinuierlichen oder zyklischen Transport der Matrix zwischen den einzelnen Bereichen, der im Schaubild durch den waagrechten Pfeil dargestellt

ist, gelangen die mit Ruß und Stickoxiden beladenen Bereiche der Matrix in das Regeneriersegment (17). Dort wird die Matrix regeneriert. Die zur Regenerierung verwendete Luft (19) durchströmt zunächst die Matrix im Wärmetauschsegment (18). Dabei wird die Luft von der heißen Matrix erwärmt. Falls erforderlich kann die Regenerierluft nach der Durchströmung des Wärmetauschsegments z.B. durch eine Heizung (20) zusätzlich erhitzt werden. Die dergestalt auf Oxidationstemperatur vorgeheizte Regenerierluft durchströmt nun das Regeneriersegment (17). Dabei werden die auf der Matrix abgelagerten Rußpartikel durch die heiße Regenerierluft zu Kohlendioxid oxidiert. Durch die freiwerdende Reaktionswärme wird zudem die im Regeneriersegment befindliche Matrix erhitzt. Das Abgas aus dem Regeneriersegment kann mit dem gereinigten Motorabgas dem Auspuff zugeführt werden. Durch einen kontinuierlichen oder zyklischen Transport der Matrix zwischen den einzelnen Bereichen, der im Schaubild durch den waagrechten Pfeil dargestellt ist, gelangt der in Regeneriersegment erhitzte Teil der Matrix nachfolgend in das Wärmetauschsegment (18). Dort wird zumindest ein Teil der Wärme der Matrix von der eintretenden Regenerierluft (19) aufgenommen, wodurch sich wiederum die Regenerierluft (19) erhitzt.

Die Heizung (20) kann dabei als elektrische Heizung oder als Brenner ausgeführt werden. Die Heizung kann zum Start aus dem kalten Zustand als Startheizung verwendet werden. Durch Regelung der Regenerierluftmenge kann die Oxidation gesteuert werden, so daß die entstehende Temperatur der Matrix begrenzt werden kann.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird die Matrix (16) zudem zumindest bereichsweise mit einem Speicherkatalysator ausgestattet. In diesem Fall wird im größten Bereich der Anordnung wird das Motor kommende Abgas (15) in der Matrix (16) auch von Stickoxiden gereinigt. Dabei lagern sich die Stickoxide auf dem Speicherkatalysator an und werden dort chemisch gebunden. In diesem Fall erfolgt im Regeneriersegment auch die Chemische Umwandlung der auf dem Speicherkatalysator gebundenen Stickoxide. Dabei wird gleichzeitig der Speicherkatalysator regeneriert. Die chemischen Reaktionen bei diesen Vorgängen sind aus gewöhnlichen Speicherkatalysatoren nach dem Stand der Technik bekannt, so daß hier auf deren Beschreibung verzichtet werden kann. Zur Regenerierung des Speicherkatalysators kann es besonders vorteilhaft sein, die Menge der Regenerierluft so zu regeln, daß der Sauerstoff der Regenerierluft zumindest weitgehend verbraucht wird und sich eine zumindest kleine Menge an Kohlenmonoxid bildet. Durch dieses Kohlenmonoxid erfolgt eine besonders günstige Regenerierung des Speicherkatalysators. Dabei wird das Kohlenmonoxid am Speicherkatalysator in unschädliche Substanzen umgewandelt.

An Stelle der Regenerierung des Speicherkatalysators können auch Kohlenwasserstoffe z.B. aus dem Treibstoff zur Regenerierung des Speicherkatalysators verwendet werden. Dabei kann eine kleine Menge an Kohlenwasserstoffen (21) der Regenerierluft vor dem Eintritt in das Regeneriersegment zugegeben werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist in Fig. 8 gezeigt. Dabei ist vor dem Eintritt in das Regeneriersegment ein Katalysator (22) angeordnet. An diesem Katalysator werden die zugegebenen Kohlenwasserstoffe (21) oxidiert. Dadurch kann die Temperatur der in das Regeneriersegment eintretenden Regenerierluft zudem erhöht werden.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen kann die Matrix (16) zumindest bereichsweise mit einem Katalysator, beispielsweise einem Edelmetallkatalysator, ausgestattet, vorzugsweise beschichtet werden. Durch diesen Katalysator wird zum einen die Oxidation der Rußpartikel begünstigt, so daß diese bereits bei niedrigeren Temperaturen erfolgen kann. Zum anderen können an diesem Katalysator auch die zudosierten Kohlenwasserstoffe (21) oxidiert werden. Dadurch kann die Temperatur der Matrix (16) weiter angehoben werden, so daß eine verbesserte Oxidation der abgelagerten Rußpartikel erfolgt. Diese Anordnung eines Katalysators auf oder in der Matrix kann natürlich auch bei den im folgenden aufgeführten Ausführungen vorteilhaft angewandt werden.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens. Dabei wird an Stelle von Luft ein kleiner Teilstrom (23) aus dem gereinigten Abgas des Motors zur Regenerierung verwendet. Dabei

ergeben sich folgende Vorteile: zum einen ist das Abgas bereits wärmer, wodurch sich insgesamt höhere Temperaturen bei der Regenerierung erzielen lassen. Zum zweiten weist das Abgas eine geringere Konzentration an Sauerstoff auf. Dies ist besonders vorteilhaft wenn gleichzeitig ein Speicherkatalysator verwendet wird. Dann kann mit dem sauerstoffärmeren Gas eine günstige Regenerierung des Speicherkatalysators im Regeneriersegment erfolgen. Als kleiner Nachteil dieser Anordnung muß in Kauf genommen werden, daß die Förderung des Abgasstromes mit einem Gebläse (24) erfolgen muß.

Fig. 10 zeigt eine weitere Anordnung mit Teilstromregenerierung bei der in einem zusätzlich vorgelagerten Wärmetauscher (25) eine Vorwärmung der Regenerierluft erfolgen kann. Dieser Wärmetauscher kann z.B. als plattenartiger Wärmetauscher oder als Wärmetauscher mit Rippen ausgeführt sein. Vorteilhaft ist die Verwendung eines Gegenstromwärmetauschers. Durch die Vorwärmung der Regenerierluft in dem vorgelagerten Wärmetauscher lassen sich insgesamt höhere Temperaturen bei der Regenerierung erzielen.

Fig. 11 zeigt eine apparativ einfache Ausführung, bei der auf ein Wärmerücktauschsegment verzichtet wurde. Da in diesem Fall das Regeneriergas nur eine geringere Temperatur aufweist, muß das Regeneriergas vermutlich mit einer Zusatzheizung (26) aufgeheizt werden. Dieser Heizeintrag kann auch durch die Verbrennung von zusätzlichem Kraftstoff erfolgen. Diese Verbrennung kann ggf. an einem vorgeschalteten Katalysator erfolgen. Bei dieser Ausführung wird als Regeneriergas ein Teilstrom (27) des vom Motor kommenden Abgases verwendet. Da dieses aufgrund des Druckverlusts der stromab angeordneten Matrix ein etwas höheres Druckniveau besitzt ist hierbei kein Gebläse erforderlich. In diesem Fall kann die Regeneriergasmenge auf einfache Weise über eine Klappe (28) geregelt werden.

Fig. 12 und Fig. 13 zeigen eine Ausführung mit Teilstromregenerierung, bei der zur Regenerierung ungereinigtes Motorabgas verwendet wird. Die Ausführung in Fig. 13 entspricht dabei der Ausführung Fig. 12 wenn in Fig. 12 die Drehrichtung des Rotors umgekehrt wird. Bei diesen Ausführungen erfolgt die Regenerierung durch ungereinigtes Motorabgas. Zum Start aus dem kalten Zustand kann eine Startheizung vorgesehen werden. Bei der Ausführung in Fig. 12 wird die Wärme der erhitzten Matrix unvollständig genutzt. Bei der Ausführung in Fig. 13 wird der größte Teil der Wärme des heißen Regeneriergases in das Abgas getragen.

Die Nutzung dieser Wärme kann auf unterschiedliche Weise erfolgen wie beispielhaft in Fig. 14 und in Fig. 15 gezeigt.

Bei den Abbildungen Fig. 11 - Fig. 14 kann die Menge des Teilstromes über eine Klappe geregelt werden. Sofern die Massenstromdichte im Regeneriergassegment kleiner gewählt wird, als im Abgasreinigungssegment, kann der Druck des Abgases ausreichen um den Teilstrom des Regeneriergases durch Regeneriersegment und Wärmetauschersegment zu drücken (zumal in der Anordnung nach Abb. 14 und Abb. 15 das Wärmetauschersegment bereits gereinigt ist). Der Druck des Abgases vor dem Rußfilter hängt jedoch von der vorgesehenen Beladung des Rußfilters ab und kann sich im Betrieb ändern. Gegebenenfalls kann daher ein Gebläse zur Regeneriergasförderung notwendig werden.

Fig. 14 zeigt die Ausführung von Fig. 13, die jedoch um einen zusätzlichen Wärmetauscher erweitert wurde. Damit läßt sich nun die beim Regeneriervorgang erzeugte Wärme auf das eintretende Regeneriergas übertragen.

Alternativ kann, wie in Fig. 15 gezeigt, diese Wärme in einem weiteren Regeneriersegment auf den Teil der Rotormatrix übertragen werden, der zum nächsten Zeitschritt in das Regeneriersegment eintritt. Diese Variante hat den Nachteil, daß drei Durchtritte durch das Filtermaterial erfolgen, was einen höheren Druckverlust auf der Regeneriergasseite zur Folge hat.

Zur weiter verbesserten Wärmenutzung sind auch weitere Schaltungen mit anderer Anordnung der Wärmetauschsegmente und der Fluidverschaltungen möglich. Beispielsweise ist eine weitere vorteilhafte Schaltung denkbar, bei der jedoch das ungereinigte Abgas von der



Rückseite zugeführt werden müßte. Bei diesen weiteren Schaltungen muß zudem bedacht werden, daß zum einen der apparative Aufwand erheblich ansteigt und zum anderen die Zahl der Umlenkungen des Fluids sowie ggf. die Zahl der Durchtritte durch die filternde Matrix ebenfalls zunimmt, wodurch sich ein höherer Druckverlust des Regeneriergases ergibt.

Eine weitere Ausführung des Verfahrens ist in Fig. 16 gezeigt. Dabei wird ebenfalls ein Teilstrom aus dem vom Motor kommenden Abgas als Regeneriergas verwendet. Die Menge dieses Regeneriergases kann über eine Klappe geregelt werden. Das Regeneriergas strömt durch ein erstes Wärmetauschersegment. Dabei wird das Regeneriergas durch die heiße Matrix vorgewärmt. Falls erforderlich, kann das Regeneriergas nachfolgend durch eine Heizung weiter erhitzt werden. Daran anschließend strömt das Regeneriergas in das Regeneriersegment, wo die Regenerierung stattfindet. Durch die Oxidationsreaktionen bei der Regenerierung erwärmen sich sowohl das Regeneriergas als auch die Matrix. Das durch die Reaktion erhitzte Regeneriergas strömt anschließend durch ein zweites Wärmetauschersegment. Dort kühlt sich das Regeneriergas ab und gibt seine Wärme an die Matrix ab. Dadurch wird die Matrix vorgewärmt. Die derart vorgewärmte Matrix anschließend in das Regeneriersegment. Die im Regeneriersegment durch die Oxidationsreaktionen weiter erhitzte Matrix gelangt anschließend in das erste Wärmetauschersegment. Dort wird die Wärme der Matrix von der zuströmenden Regenerierluft aufgenommen. Bei dieser Ausführung des Verfahrens ergibt sich ein besonders weitgehender Wärmerücktausch.

Die aufgeführten Ausführungsbeispiele stellen nur beispielhaft einige Möglichkeiten vor. Es sind weitere Ausführungen und insbesondere natürlich auch Kombinationen der vorgestellten Ausführungen möglich.

Verfahren zur Reinigung von Abgasen

**Bezugszeichenliste für Fig. 1-6:**

- 1 Rotor
- 2 Matrix des Rotorsegments
- 3 Zuströmbereich
- 4 Abströmbereich
- 5 Segmente des Rotors
- 6 Bereiche (im Ersatzschaubild)
- 7 feststehende Matrix der Statorausführung
- 8 drehender Anströmbereich (Zuströmbereich) der Statorausführung
- 9 drehender Abströmbereich der Statorausführung
- 10 Segmente des Zuström- und Abströmbereiches
- 11 Teilapparate
- 12 Schaltelemente (bei der Ausführung mit Teilapparaten)
- 13 Gasstrom 1
- 14 Gasstrom 2

**Ansprüche:**

1. Verfahren zur Reinigung von Abgasen gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - Daß partikelförmige Luftverunreinigungen und / oder Stickoxide auf einem filternden Medium abgeschieden werden
  - Gleichzeitig die Regenerierung des filternden Mediums durch reaktive Umsetzung der abgelagerten Stoffe erfolgt
  - Zur Regenerierung des filternden Mediums ein, gegenüber dem Abgasstrom, kleinerer Luft- oder Gasstrom verwendet wird.
  - Die Regenerierung eines Teils des filternden Mediums gleichzeitig dazu erfolgt während in anderen Bereichen des filternden Mediums die Reinigung des Abgasstromes erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Reaktion entstehende Wärme zumindest teilweise von einem wärmespeichernden Medium aufgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die in der wärmespeichernden Masse gespeicherte Wärme zumindest teilweise zur Vorwärmung des Regeneriergases genutzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil des filternden Mediums in den zu reinigenden Bereichen und zumindest ein Teil des filternden Mediums in den Regenerierbereichen kontinuierlich oder zyklisch vertauscht werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil des filternden Mediums kontinuierlich oder zyklisch zwischen reinigenden Bereichen, Regenerierbereichen und wärmetauschenden Bereichen vertauscht werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß das filternde Medium durch Oxidation der auf dem filternden Medium abgelagerten partikelförmigen Luftverunreinigungen regeneriert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß das filternde Medium zumindest bereichsweise mit einem Stoff ausgestattet ist, der Stickoxide durch Anlagerung und chemische Bindung aufnimmt.
8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Stickoxid bindende Substanz durch Reaktion regeneriert werden kann.
9. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß bei der Entstehung von Partikeln entstehendes Kohlenmonoxid zur Regenerierung des Stickoxide bindenden Substanz genutzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß durch Regelung der Regenerierluftmenge eine zumindest teilweise unvollständige Oxidation unter Bildung von Kohlenmonoxid herbeigeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung der Regenerierluftmenge so erfolgt, daß im Regenerierbereich Temperaturen über 450°C, vorzugsweise Temperaturen über 550°C erreicht werden.
12. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß das filternde Medium zumindest bereichsweise mit einem Katalysator ausgestattet wird, der die Oxidation der Partikel unterstützt.

13. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß das Regeneriergas zunächst in einem wärmetauschenden Bereich vorgewärmt wird, nachfolgend in einem Regenerierbereich eine Reaktion durchläuft.
14. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß das Regeneriergas zunächst in einem wärmetauschenden Bereich vorgewärmt wird, nachfolgend in einem Regenerierbereich eine Reaktion durchläuft. und nachfolgend seine Wärme an einen weiteren wärmetauschenden Bereich zumindest teilweise wieder abgibt.
15. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß als Regeneriergas ein kleiner Luftstrom verwendet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß als Regeneriergas ein kleiner Teilstrom des Abgases verwendet wird.
17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung unterschiedliche Funktionsbereiche aufweist.
18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung unterschiedliche Funktionsbereiche aufweist und eine filternde Matrix kontinuierlich oder zyklisch diese unterschiedliche Funktionsbereiche durchläuft.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsbereiche mindestens einen Reinigungsbereich umfassen, in dem das Abgas gereinigt wird.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsbereiche mindestens einen Regenerierbereich umfassen, in dem die filternde Matrix regeneriert wird.
21. Vorrichtung nach Anspruch 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsbereiche mindestens einen wärmetauschenden Bereich umfassen, in dem Wärme zwischen der Matrix und dem Regeneriergas übertragen wird.
22. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung ein rotierendes Element beinhaltet, welches unterschiedliche Funktionsbereiche aufweist.
23. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mindestens ein rotierendes Element beinhaltet, welches unterschiedliche Funktionsbereiche aufweist und eine filternde Matrix kontinuierlich oder zyklisch diese unterschiedliche Funktionsbereiche durchläuft.
24. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine rotierende Matrix beinhaltet, welche kontinuierlich oder zyklisch unterschiedliche Funktionsbereiche aus Reinigung und Regenerierung durchläuft.
25. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine rotierende Matrix beinhaltet, welche kontinuierlich oder zyklisch unterschiedliche Funktionsbereiche aus Reinigung, Regenerierung und Wärmetausch durchläuft.
26. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mindestens ein rotierendes Element beinhaltet, welches unterschiedliche Gasströme auf unterschiedliche Funktionsbereiche verteilt.
27. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mindestens ein rotierendes Element beinhaltet, welches unterschiedliche Gasströme auf unterschiedliche Funktionsbereiche verteilt und dadurch eine filternde Matrix kontinuierlich oder zyklisch Schritte aus Reinigung und Regenerierung erfährt.

28. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mindestens ein rotierendes Element beinhaltet, welches unterschiedliche Gasströme auf unterschiedliche Funktionsbereiche verteilt und dadurch eine filternde Matrix kontinuierlich oder zyklisch Schritte aus Reinigung, Regenerierung und Wärmetausch erfährt.
29. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung Teilapparate enthält, die unterschiedlichen Funktionen dienen und deren jeweiligen Funktionen zyklisch vertauscht werden.

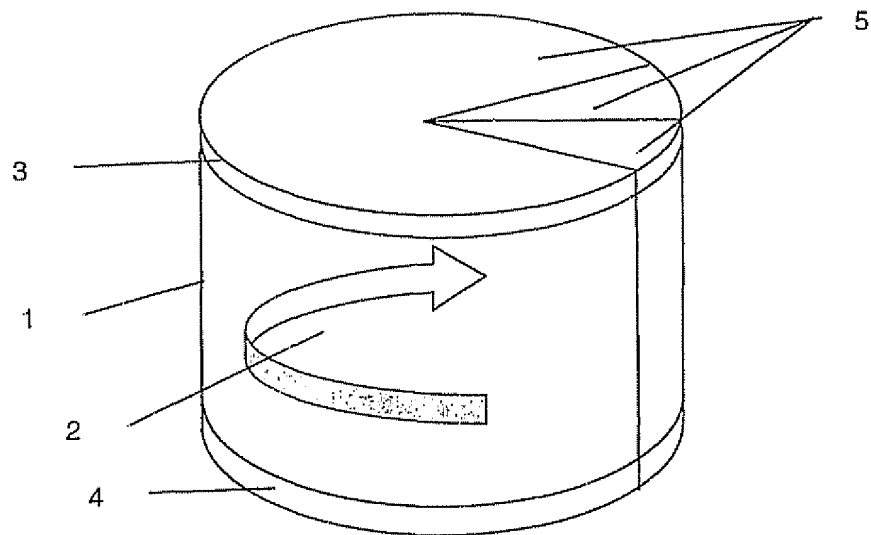


Fig. 1: Beispielhafte Ausführung eines Rotors mit segmentweiser Anströmung und Drehrichtung.

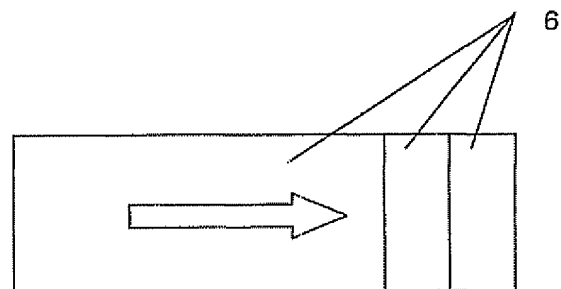


Fig. 2: Ersatzschaubild des Rotors

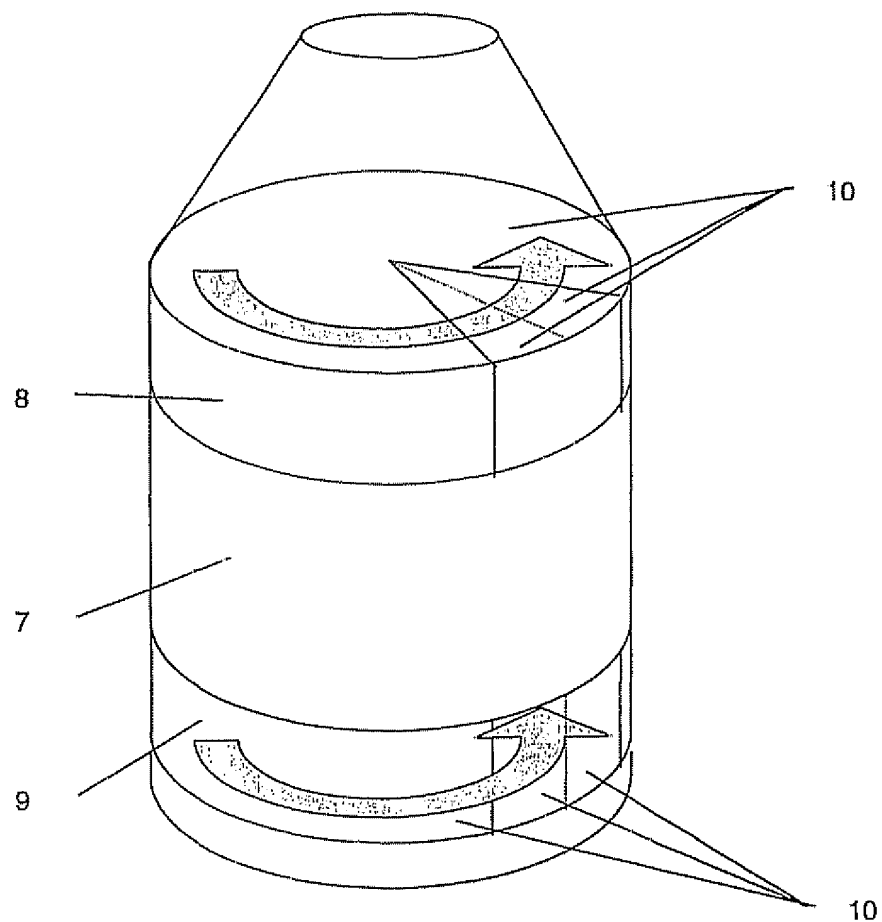


Fig. 3: Beispielhafte Ausführung einer Statorausführung mit segmentweiser Anströmung und Drehrichtung.

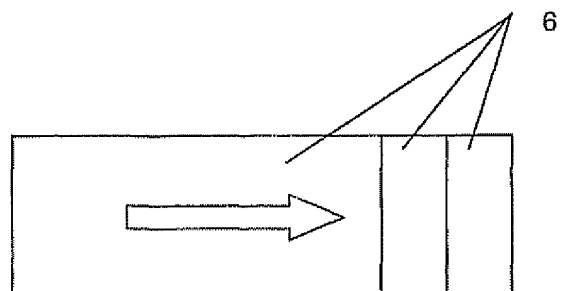


Fig. 4: Ersatzschaubild der Statorausführung

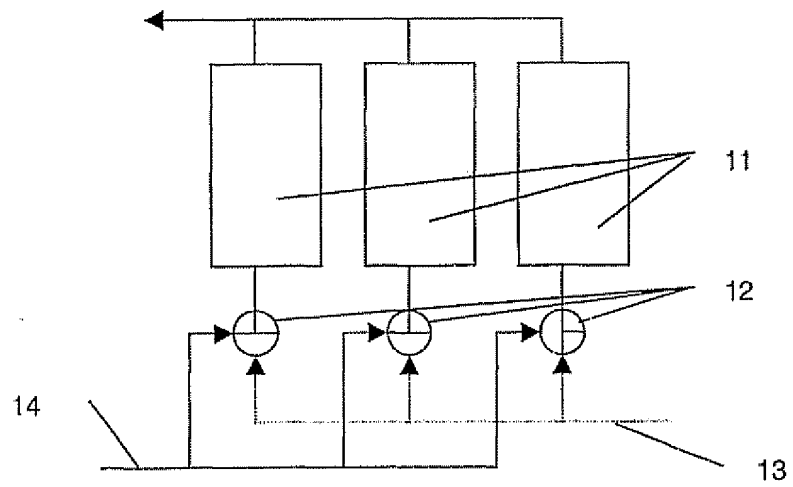


Fig. 5: Beispielhafte Ausführung mit mehreren Teilapparaten.

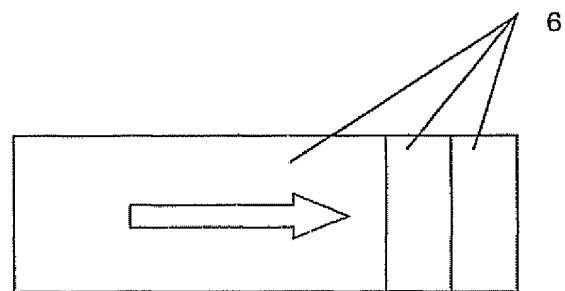


Fig. 6: Ersatzschaubild der Ausführung mit mehreren Teilapparaten



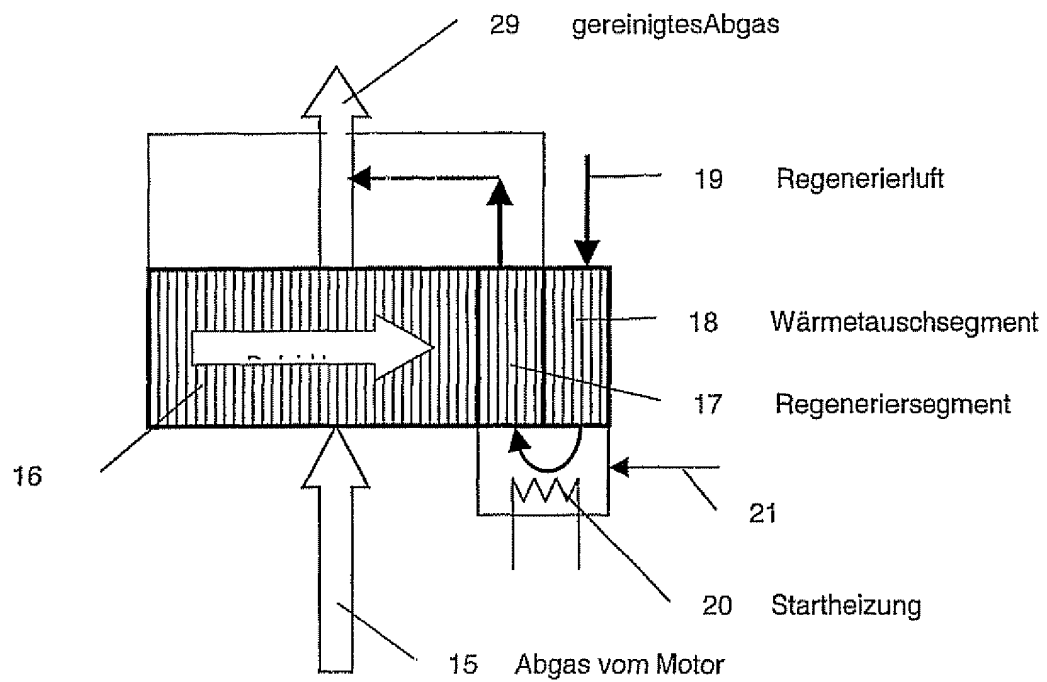


Fig. 7: Dieselpartikel-Filter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Luft, Anordnung mit Wärmetauschsegment

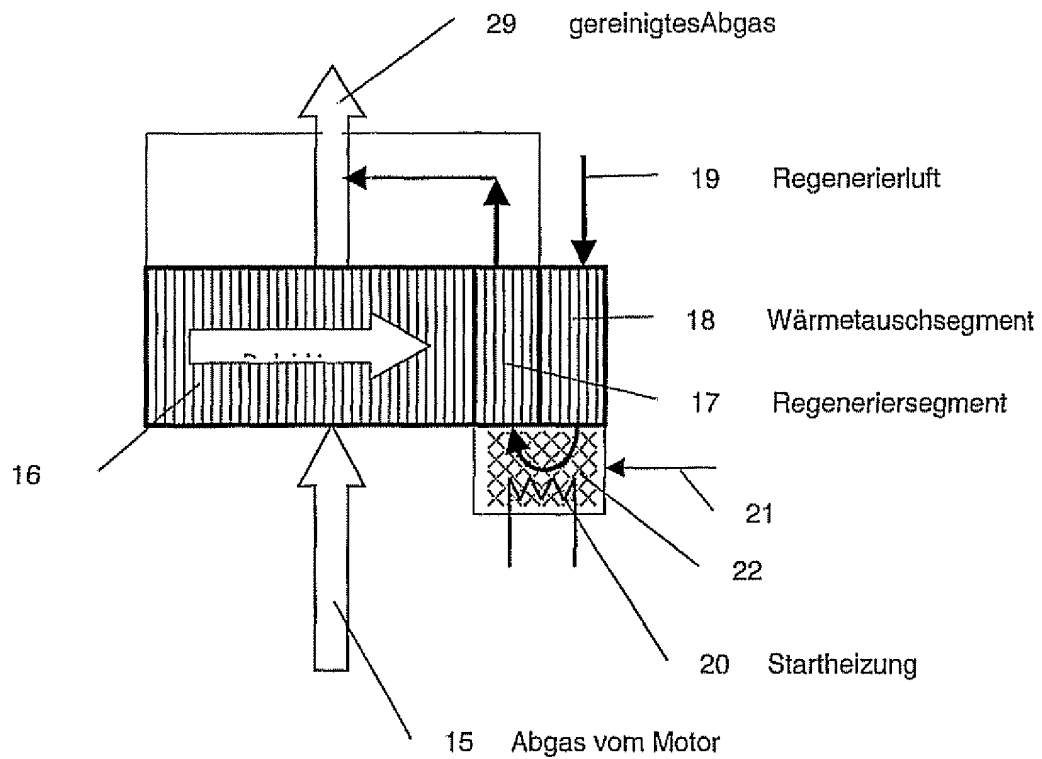


Fig. 8: Dieselfußfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Luft, Anordnung mit Wärmetauschsegment und Zugabe von Kohlenwasserstoffen, Anordnung mit vorgelagertem Katalysator

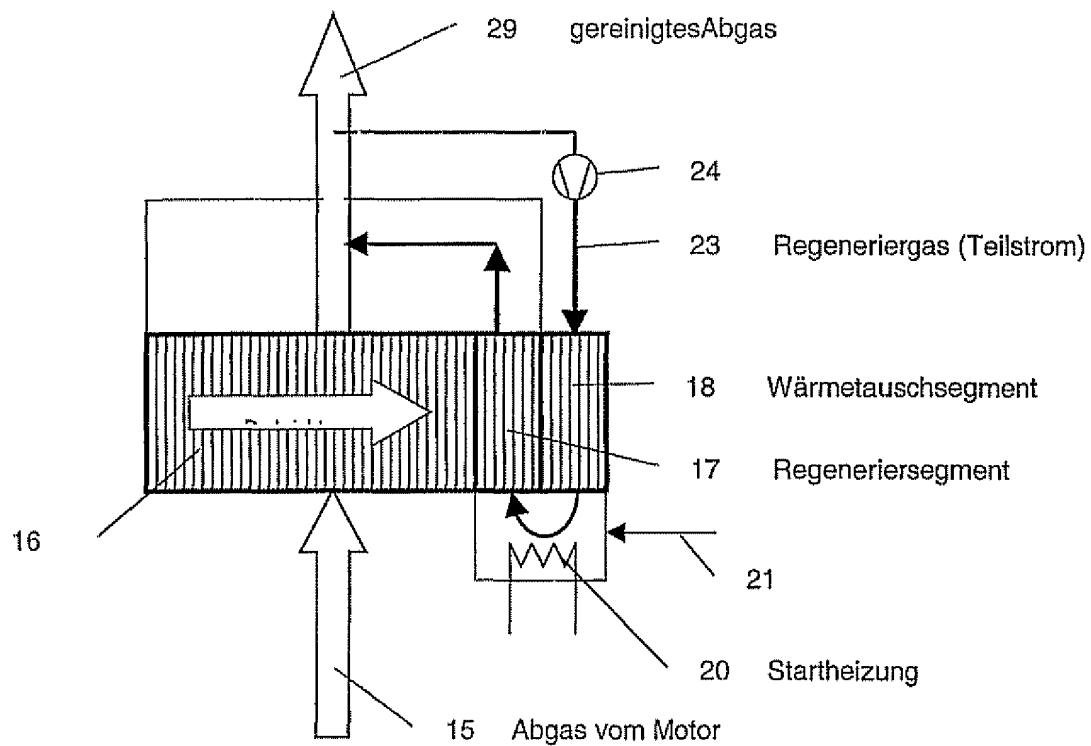


Fig. 9: Dieselpartikel-Filter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit Wärmetauschsegment

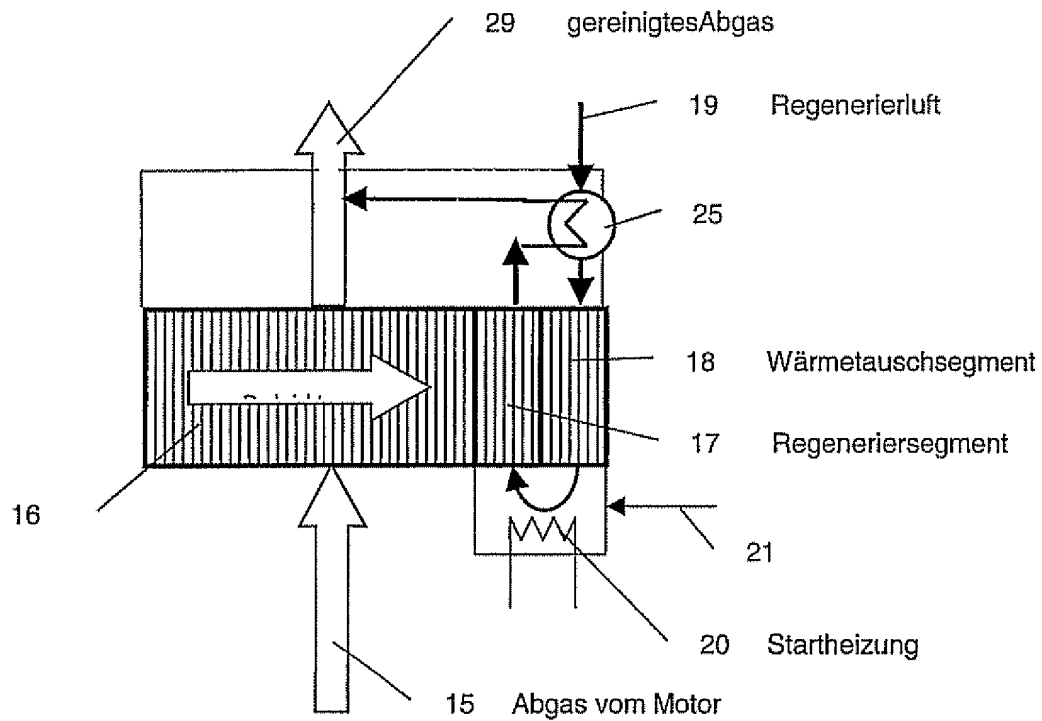


Fig. 10: Dieselpartikelfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Luft, Anordnung mit Wärmetauschsegment und zusätzlichem  
Wärmetauscher

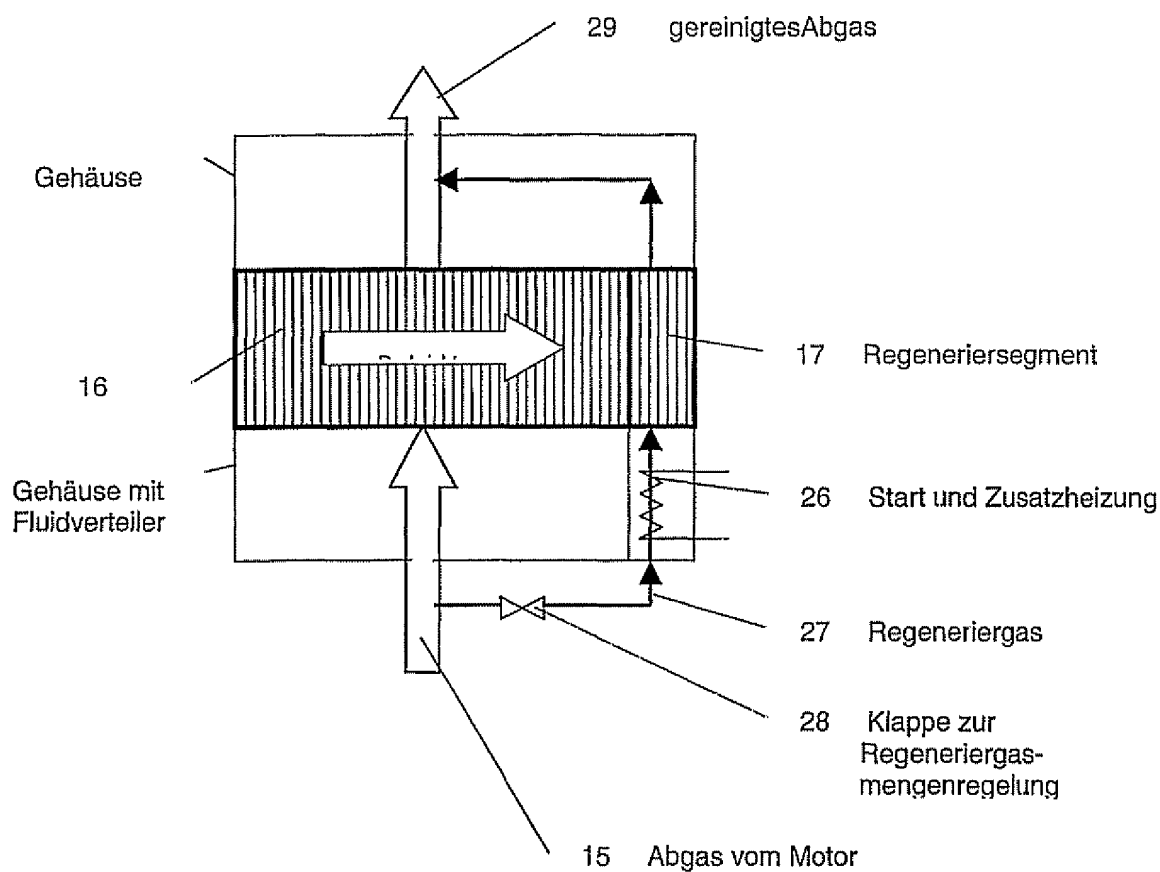


Fig. 11: Dieselpartikelfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung ohne Wärmerücktausch

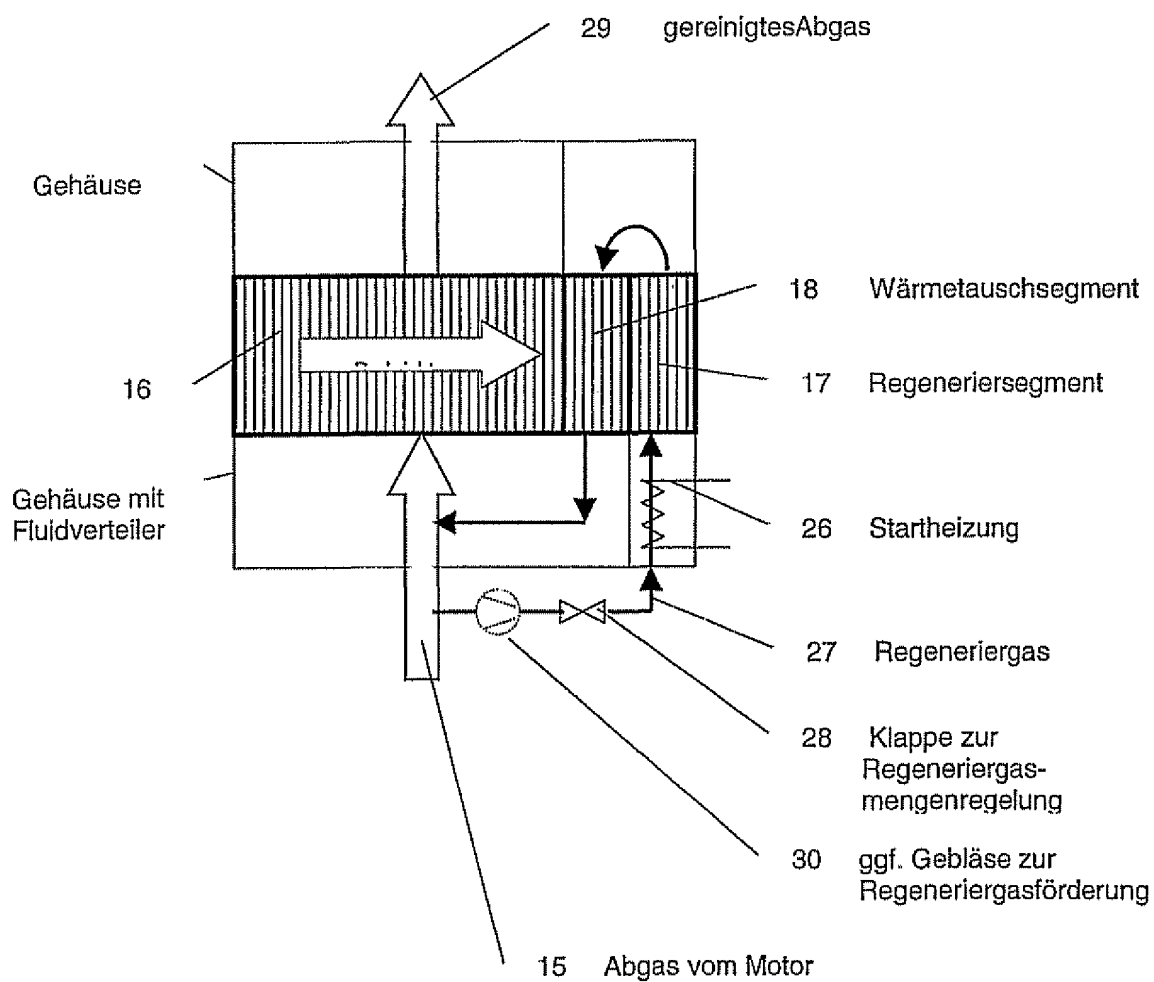


Fig. 12: Dieselrußfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit Wärmetauschsegment

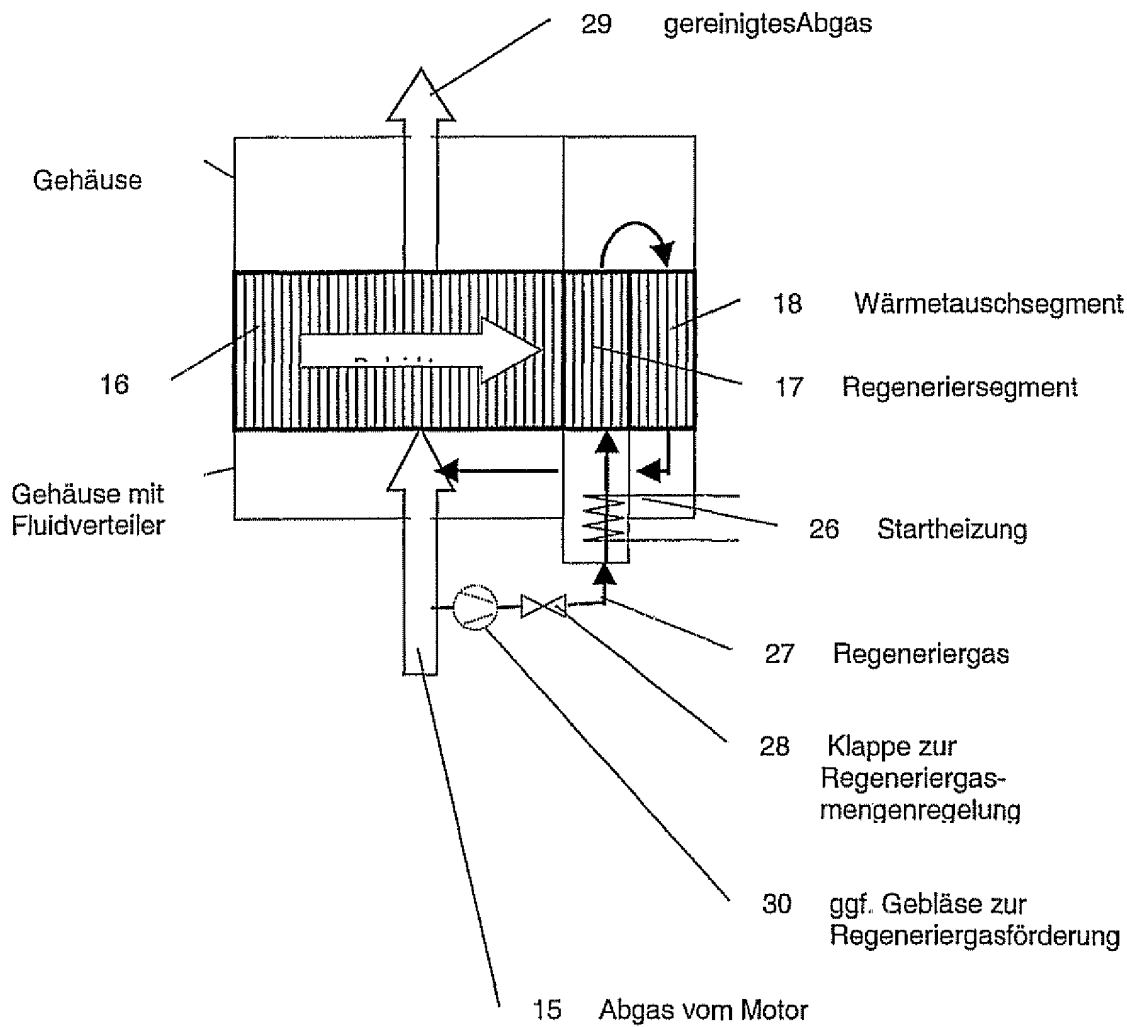


Fig. 13: Dieselfußfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit Wärmetauschsegment

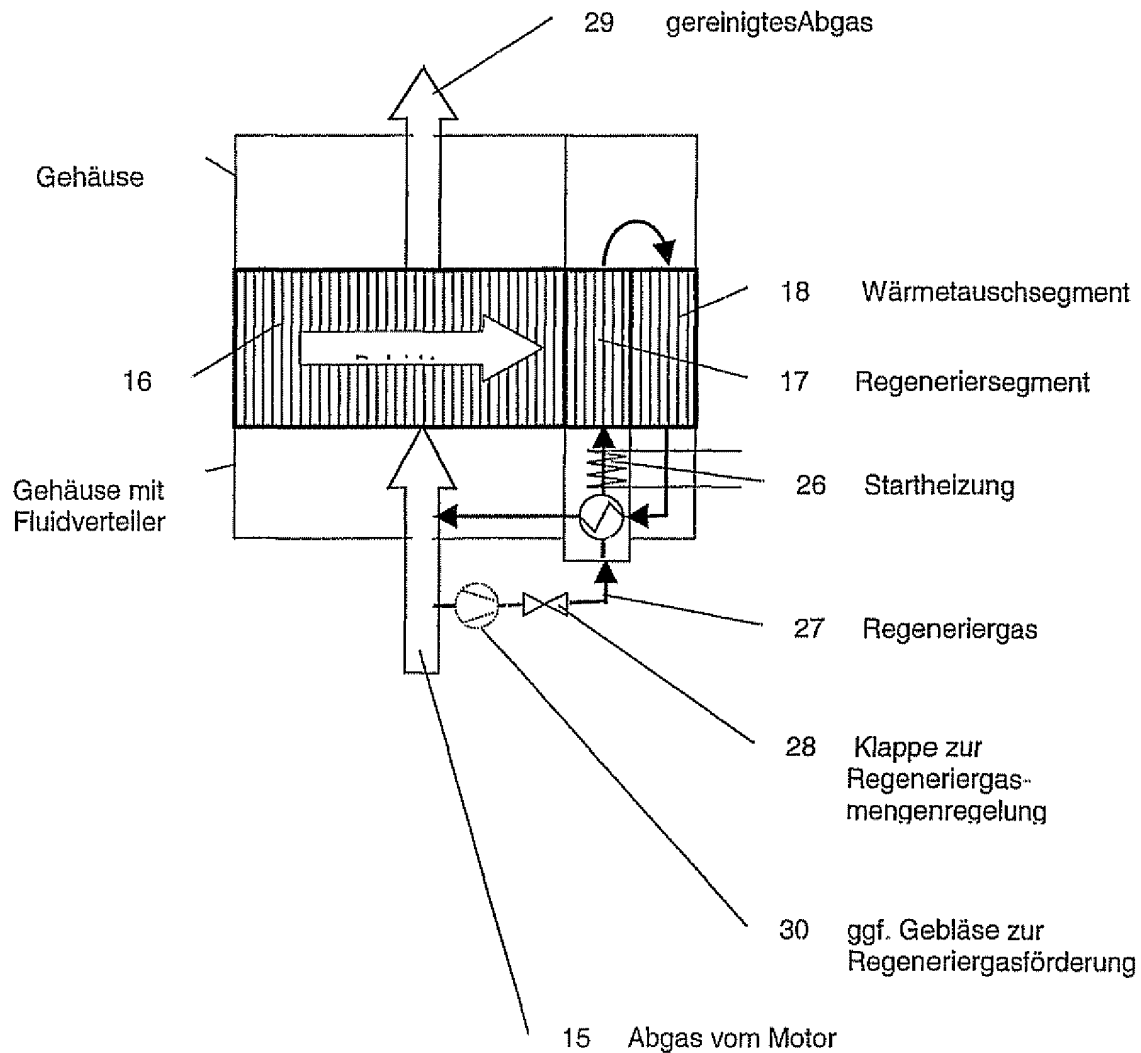


Fig. 14: Dieselpartikel-Filter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
 Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit Wärmetauschsegment und  
 zusätzlichem Wärmetauscher



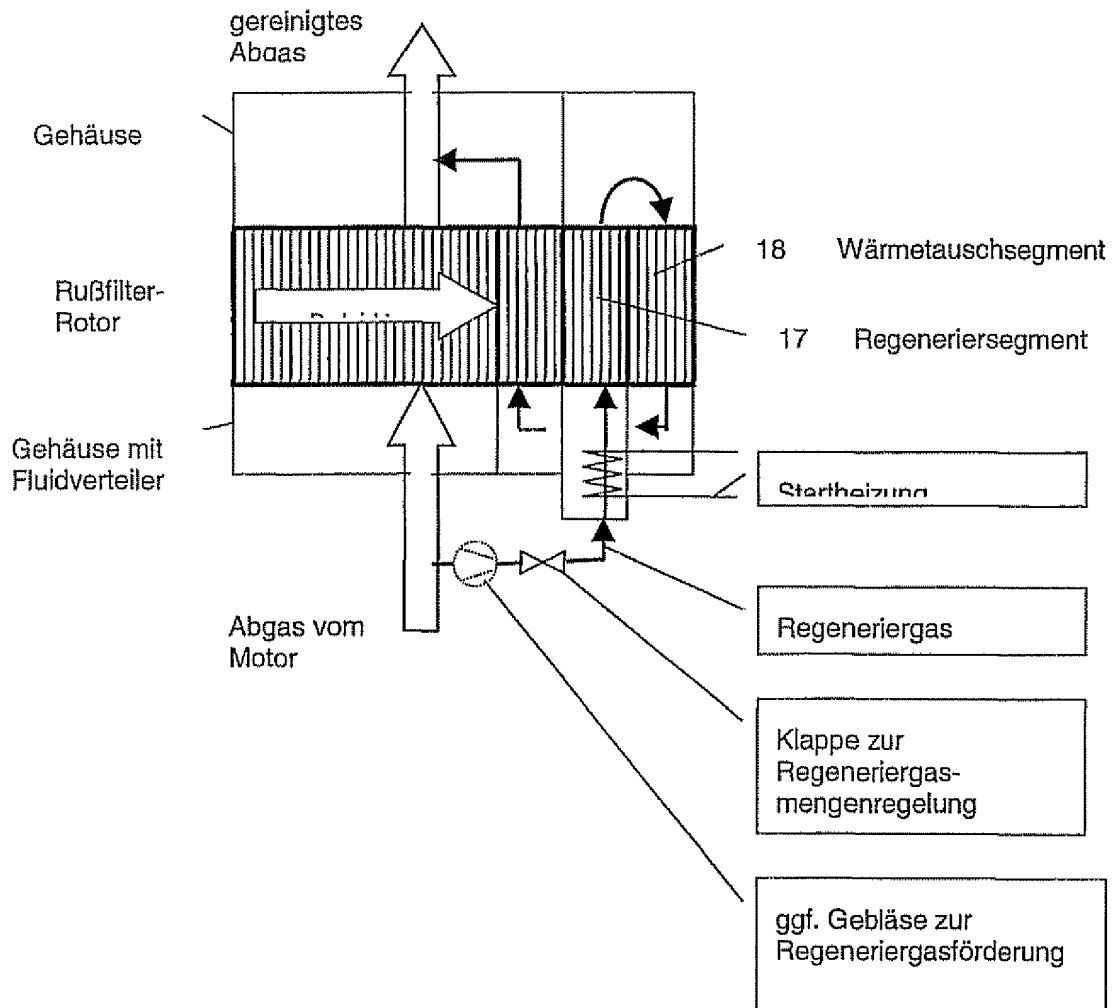


Fig. 15: Dieseldieselrußfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
 Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit zwei Wärmetauschsegmenten

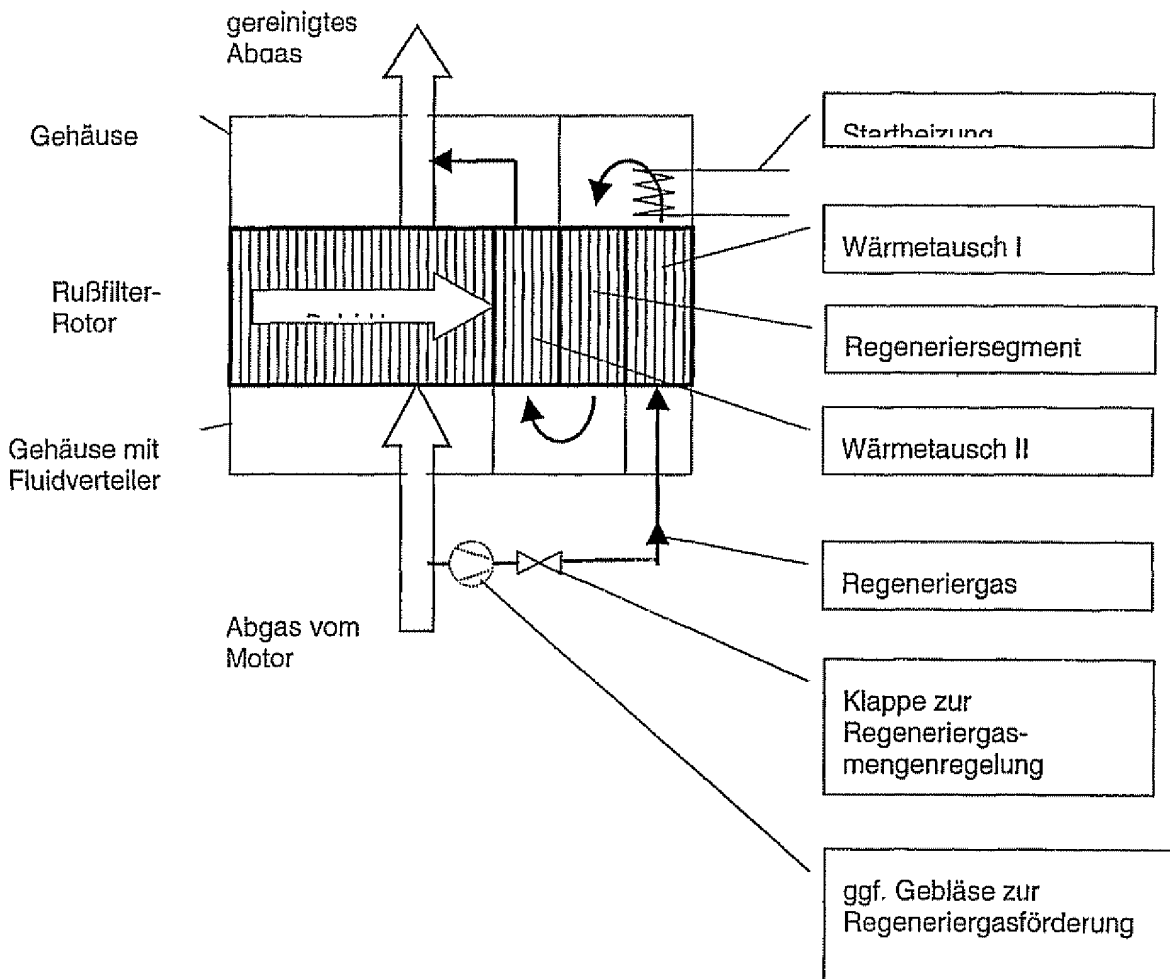


Fig. 16: Dieseldieselrußfilter-Rotor mit Teilstromregenerierung  
 Regeneriermedium Abgas (Teilstrom), Anordnung mit zwei Wärmetauschsegmenten